



**Escola de Camins**  
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports  
UPC BARCELONATECH

# DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

Trabajo realizado por:

**Milton Daniel Granoble Arroba**

Dirigido por:

**MIQUEL RODRIGUEZ NIEDENFÜHR**

Grado en:

**Ingeniería Civil**

Barcelona, 14/06/2018

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

**TREBALL FINAL DE GRAU**

## AGRADECIMIENTOS.

Agradecer al Ing. Reymberg Correa Granoble colegiado en Ecuador por facilitarme los planos arquitectónicos a partir de los cuales he desarrollado mi caso práctico.

Por otro lado agradecer a mi familia y amigos por el apoyo incondicional recibido durante toda la realización del trabajo y la carrera.

## RESUMEN.

Se trata de un trabajo de final de grado para la Universitat Politècnica de Catalunya para la titulación de Ingeniería Civil.

El presente trabajo se basa en la investigación y constante comparación entre el desarrollo actual de los flujos de trabajo de un proyecto, con el desarrollo de los flujos de trabajo que se tendría en caso de realizarlo con la nueva metodología BIM que se está implantando hoy en día.

Además de una explicación teórica de los flujos de trabajo con la metodología BIM, se propone un desarrollo del flujo de trabajo de un proyecto con esta nueva metodología.

En este caso nos centraremos en un proyecto de estructuras, para el cual primero se explicará toda la teoría necesaria para poder terminar el trabajo desarrollando un caso práctico con esta nueva metodología.

Este trabajo también puede servir como una guía para desarrollar un proyecto con metodología BIM ya que hay diversos apartados en los cuales explicamos paso a paso lo que se tendría que hacer para poder llegar a un objetivo, además de estar ilustrado mediante diferentes capturas de pantalla y puesto en práctica en el caso práctico.

Finalmente se llegaron a las conclusiones oportunas resolviendo preguntas como:

- ¿Qué me he ahorrado con esta nueva metodología?
- ¿Qué beneficios tiene esta metodología?
- ¿Por qué es necesaria este cambio de metodología?

## Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Antecedentes.....	8
1.2 Objetivos.....	8
1.3 Metodología.....	9
1.4 Motivación personal.....	9
2. LA METODOLOGIA BIM.....	10
2.1 ¿Qué es el BIM?.....	10
2.2 Usos del BIM.....	11
2.3 Dimensiones del BIM.....	12
2.4 Principales softwares del BIM.....	13
2.5 Ventajas del BIM.....	15
3. DESARROLLO ACTUAL DE PROYECTOS DE ESTRUCTURAS.....	16
4. DESARROLLO DE UN PROYECTO CON METODOLOGIA BIM.....	19
4.1 Niveles de desarrollo.....	19
4.2 Etapas de un proyecto BIM:.....	20
4.3 Elaboración de documentos con BIM:.....	22
5. COORDINACION DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURA ACTUALEMENTE.....	24
6. FLUJO DE TRABAJO DE DESARROLLO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.....	27
6.1 Desarrollo de un proyecto de estructuras con BIM:.....	27
6.1.1 ¿En qué me ayuda BIM?.....	27
6.1.2 Usos del BIM en un proyecto de estructuras:.....	31
6.2 Coordinación entre ingeniería y arquitectura.....	50
6.2.1 ¿Qué es un BIM Manager?.....	51
6.2.2 Compartir modelos BIM:.....	52
6.2.3 Detección y comunicación de incidencias:.....	54
7. PROPUESTA DE WORKFLOW CON EL SOFTWARE REVIT.....	56
8. CASO PRÁCTICO.....	60
8.1 Modelo Arquitectónico.....	61
8.2 Modelo Estructural.....	64
8.3 CypeCAD: Software de análisis estructural.....	65
8.4 Mediciones.....	77
8.5 Presupuesto.....	79

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON  
METODLOGIA BIM.

8.6	Planos. ....	83
9.	CONCLUSIONES. ....	88
10.	BIBLIOGRAFIA. ....	89
10.1	PDF's. ....	89
10.2	Páginas webs. ....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Metodología BIM.....	10
Figura 2: Usos del BIM.....	11
Figura 3: Dimensiones del BIM.....	12
Figura 4: Aplicaciones BIM .....	13
Figura 5: Comparación aplicaciones BIM. ....	14
Figura 6: Como surgen los procesos en el tiempo. ....	18
Figura 7: Niveles de detalle BIM.....	19
Figura 8: Coordinación actual.....	24
Figura 9: Esfuerzo, coste y efecto a lo largo del tiempo. ....	25
Figura 10: Productividad actual.....	25
Figura 11: Modelo 3D.....	28
Figura 12: Mediciones del modelo 3D.....	28
Figura 13: Conectividad de Revit con Presto.....	29
Figura 14: Generación de planos.....	30
Figura 15: Plantilla de cuadro de rotulación para DIN A0.....	32
Figura 16: Propiedades de gráficos. ....	32
Figura 17: Propiedades de datos de identidad. ....	34
Figura 18: Aparición del nombre de la vista en el plano.....	34
Figura 19: Propiedades de extensión. ....	35
Figura 20: Región de recorte visible. ....	35
Figura 21: Región de recorte visible + recorte de vista.....	36
Figura 22: Acotación de planos. ....	37
Figura 23: Ejemplo de plano.....	38
Figura 24: Navegador de proyectos localizando las tablas de planificación /cantidades. ....	39
Figura 25: Creación de la tabla de planificación/ cantidades. ....	39
Figura 26: Elección de los elementos de la tabla. ....	40
Figura 27: Elección de los parámetros de la tabla. ....	40
Figura 28: Tabla de planificación/ cantidades.....	41
Figura 29: Tabla de planificación/cantidades con totales.....	41
Figura 30: Exportación de tablas de planificación/cantidades. ....	42
Figura 31: Modelo físico vs modelo analítico.....	43
Figura 32: Desactivar categorías del modelo. ....	43
Figura 33: Activar el modelo analítico.....	44
Figura 34: Herramienta para modificar modelo analítico.....	44
Figura 35: Introducción de cargas. ....	45
Figura 36: Casos de carga.....	45
Figura 37: Combinaciones de carga. ....	46
Figura 38: Determinación del uso de carga.....	46
Figura 39: Introducción de la formula a considerar. ....	47
Figura 40: Diferentes tipos de carga a introducir.....	47
Figura 41: Diferentes condiciones de contorno. ....	48
Figura 42: Propiedades de condiciones de contorno puntual .....	48
Figura 43: Ejemplo de las 4 formas de contorno puntual .....	49
Figura 44: Ejemplo de las 3 formas de contorno lineal.....	49
Figura 45: Ejemplo de contorno de área.....	50

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON  
METODLOGIA BIM.

Figura 46: Coordinación con metodología BIM.....	50
Figura 47: Exportación a archivo IFC. ....	53
Figura 48: TimeLiner de Navisworks. ....	54
Figura 49: Detección de errores con Clash Detection. ....	54
Figura 50: Comunicación de incidencias BCF. ....	55
Figura 51: Planos AutoCAD de partida. ....	61
Figura 52: Vista Frontal del modelo arquitectónico en Revit.....	62
Figura 53: Vista lateral Derecho. ....	62
Figura 54: Vista trasera. ....	63
Figura 55: Vista lateral izquierda.....	63
Figura 56: Vista superior donde podemos ver los planos AutoCAD insertados. ....	64
Figura 57: Modelo estructural a partir del modelo arquitectónico. ....	65
Figura 58: IFC insertado en CypeCAD.....	66
Figura 59: Altura de plantas del archivo IFC.....	67
Figura 60: Cargas del suelo.....	67
Figura 61: Columnas del archivo IFC. ....	68
Figura 62: Losas del archivo IFC. ....	69
Figura 63: Elección de los materiales. ....	69
Figura 64: Normativas a utilizar en el cálculo. ....	70
Figura 65: Planta baja con zapatas y carga añadida.....	71
Figura 66: Planta alta con carga añadida y losa definida. ....	72
Figura 67: Planta cubierta con carga añadida y losa definida.....	73
Figura 68: Armadura de las zapatas. ....	74
Figura 69: Armadura de la losa de planta alta. ....	75
Figura 70: Armadura de la losa de planta cubierta. ....	76
Figura 71: Cuadro de pilares generado por CypeCAD.....	77
Figura 72: Tabla de cantidades de pilares estructurales con Revit. ....	78
Figura 73: Tabla de cantidades de losas de cimentación en Revit.....	78
Figura 74: Cuantías de obra de CypeCAD.....	79
Figura 75: Cuantías de las zapatas. ....	79
Figura 76: Capítulos generados en TCQ. ....	80
Figura 77: Pilares planta baja con unidades de obra. ....	81
Figura 78: Zapatas planta baja con unidades de obra.....	81
Figura 79: Pilares planta alta con unidades de obra. ....	81
Figura 80: Losa planta alta con unidades de obra.....	82
Figura 81: Losa planta cubierta con unidades de obra. ....	82
Figura 82: Resumen del presupuesto.....	83
Figura 83: Plantilla DIN A3 generada en Revit. ....	84
Figura 84: Plano de cuadro de pilares. ....	85
Figura 85: Plano de zapatas de planta baja.....	85
Figura 86: Plano de armadura longitudinal planta alta.....	86
Figura 87: Plano de armadura longitudinal planta cubierta. ....	86
Figura 88: Plano de armadura transversal planta alta .....	87
Figura 89: Plano de armadura transversal planta cubierta.....	87

## 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1 Antecedentes.

El presente trabajo de fin grado del grado en Ingeniería Civil, se centra en el ámbito de la ingeniería estructural combinando este con la nueva metodología BIM.

Actualmente nuestro sistema referente a los flujos de trabajo en el ámbito de construcción no es del todo óptimo debido a la realización de diferentes acciones sin valor añadido y la incorporación tardía de algunos agentes en el flujo de trabajo.

Por lo tanto, se considera que se requiere un cambio para poder optimizar el flujo de trabajo y así no realizar tantas acciones sin valor añadido y poder realizar los cambios oportunos lo antes posible ya que tiene menos costes que realizarlos en una etapa tardía, y además nos implica una mejor coordinación entre los diferentes agentes que nos intervienen en un proyecto de estructuras.

A lo largo del trabajo se irán explicando los diferentes conceptos teóricos que implica la metodología BIM y se irán comparando diferentes aspectos de esta metodología con la metodología actual.

### 1.2 Objetivos.

Los objetivos de este trabajo se centran en la demostración y ejemplificación, mediante un proyecto básico de una vivienda plurifamiliar de 2 plantas, que la metodología BIM es una metodología que me optimizara los flujos de trabajo y mejorar la coordinación de estos.

Durante el trabajo se irán resolviendo diversas dudas planteadas:

- ¿Qué ventajas me ofrece esta nueva metodología?
- ¿En qué me ayudara BIM respecto la documentación del proyecto?
- ¿En qué se diferencia el desarrollo actual con el desarrollo mediante BIM?

Para la resolución de estas preguntas son necesario primero unos conocimientos teóricos que se irán explicando a lo largo del trabajo. Y una vez resueltas se concluirá el trabajo proponiendo un flujo de trabajo en el cual se pone en práctica todos los



conocimientos teóricos que se explicaran a continuación y como parte final se realizara un caso práctico.

### 1.3 Metodología.

La metodología empleada en este trabajo se basa en primero de todo realizar una investigación teórica, mediante diferentes trabajos de fin de carrera realizados años anteriores, páginas web oficiales de BIM y la realización del seminario de BIM realizado gratuitamente por UPC SCHOOL, de la nueva metodología BIM.

En segundo lugar investigar sobre cómo se desarrollan hoy en día los proyectos de estructuras y como se desarrollarían si utilizamos la metodología BIM.

Seguidamente se realizara una propuesta del flujo de trabajo a desarrollar en la metodología BIM ya que estos flujos de trabajo pueden ser de diferentes maneras en función del interés que se tenga.

Para finalizar se elaborara un caso práctico en el cual se ejemplifica todo los conocimientos teóricos aprendidos y explicados en la redacción del trabajo.

### 1.4 Motivación personal.

Actualmente esta metodología BIM está siendo revolucionaria e implantada en los diferentes ámbitos de la construcción tanto para la Arquitectura como para la Ingeniería Civil, hasta el punto de que la Generalitat de Catalunya ha elaborado un manual para los proyectos realizados con esta metodología.

A partir de esta información surge mi interés sobre esta metodología ya que me parece totalmente esencial, que al terminar el grado en Ingeniería Civil y quererme dedicar al ámbito de las estructuras, tener conocimientos e ir profundizando un poco en esta nueva metodología que llegara al punto de ser obligatoria en todo proyecto de Ingeniería Civil.

A partir de este interés y revisando las diferentes propuestas de trabajo de fin de grado que se encuentran en portal camins, me puse en contacto con el profesor MIQUEL RODRIGUEZ NIEDENFÜHR para poder realizar su oferta de TFG: 'Determinar el flujo de trabajo de un proyecto de estructuras con BIM'.

## 2. LA METODOLOGIA BIM.

### 2.1 ¿Qué es el BIM?

BIM es un acrónimo de:

- Building: hace referencia al ámbito constructivo.
- Information: hace referencia a toda la información que se recopila, gestiona y ordena.
- Modelling: hace referencia al modelo único que generamos accesible a todos los agentes de un proyecto.

Aunque últimamente se empieza a hablar de BIM como acrónimo de Building Information Management.

BIM es una metodología de trabajo que se basa en la creación de base de datos acerca de la información sobre las características físicas y funcionales, de tal forma que todos los agentes que intervienen en el ciclo de vida de una obra puedan interactuar entre ellos y tener una base de conocimiento confiable para la toma de decisiones.



Figura 1: Metodología BIM.

En esta metodología todo lo que realizamos se orientan a modelos, orientados a objetos, de la información. Se usan sistemas que generan modelos cuyos objetos son

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

paramétricos, es decir, que están definidos por las cualidades o características que hacen que ese objeto sea de una determinada manera.

Cabe remarcar que BIM no es un sinónimo de modelado 3D, aunque se soporte en modelado 3D. Por lo tanto tampoco es un software. Si no que es una metodología que trata de la gestión de la información a través de modelos que interrelacionan entre ellos.

## 2.2 Usos del BIM.

Se dice que tenemos un abanico infinito de usos del BIM. Tanto que la universidad de PENNSTATE ha llegado a realizar una estandarización de los usos:

Planificación	Diseño	Construcción	Explotación
Planificación <i>Programming</i>	Diseño <i>Design Authoring</i>	As-Built <i>Record Modeling</i>	Libro del Edificio <i>Record Modeling</i>
Análisis del Emplazam. <i>Site Analysis</i>	Revisión del Diseño <i>Design Reviews</i>	Fabricación Digital <i>Digital Fabrication</i>	Mantenimiento <i>Build. Maint. Schedule</i>
	Documentación <i>Drawing Generation</i>	Coordinación 3D <i>3D Coordination</i>	Análisis del Rendimiento <i>Build. System Analysis</i>
	Cálculos de Ingeniería <i>Engineering Analysis</i>	Pre-Construcción <i>Construc. System Design</i>	Gestión del Inventario <i>Asset Management</i>
	Diseño de Iluminación <i>Lighting Analysis</i>	Replanteo Digital <i>3D Control &amp; Planning</i>	Gestión de Espacios <i>Space Manage. &amp; Track.</i>
	Eficiencia Energética <i>Energy Analysis</i>		
	Sostenibilidad <i>Sustainability</i>	Monitorización de la Obra <i>Field/Manage Tracking</i>	
	Verifica. de la Normativa <i>Code Validation</i>	Plan. de les Instal. Temp. <i>Site Utilization Planning</i>	Gestión de Emergencias <i>Disaster Planning</i>
Planificación de la Obra <i>Phase Planning</i>	Planificación de la Obra <i>Phase Planning</i>	Planificación de la Obra <i>Phase Planning</i>	
Previsión de Costes <i>Cost Estimation</i>	Control de Costes <i>Cost Estimation</i>	Control de Costes <i>Cost Estimation</i>	<a href="http://bim.psu.edu/Uses/default.aspx">http://bim.psu.edu/Uses/default.aspx</a>
Estudio del Estado Actual <i>Existing Conditions</i>	Estudio del Estado Actual <i>Existing Conditions</i>	Estudio del Estado Actual <i>Existing Conditions</i>	

Figura 2: Usos del BIM

Los principales usos del BIM actualmente son:

- Planificación.
- Diseño y revisión del diseño.
- Generar documentación.
- Coordinar disciplinas: es decir, juntar en un mismo modelo la arquitectura, las estructuras y las instalaciones por ejemplo.

- Simulación y análisis: se pueden realizar análisis estructurales, simular instalaciones y como hay instalaciones lumínicas podemos hacer también simulación lumínica.
- Verificar los cumplimientos de la normativa y de los requerimientos del proyecto.
- Pre-construcción.
- Fabricación digital.
- Control de costes.
- Planificación de la obra.
- Control de ejecución.

Cabe remarcar que cada uso del BIM requiere su propio modelo de información ya que tiene sus propias características.

### 2.3 Dimensiones del BIM.

El ciclo de vida de un proyecto BIM comienza con la idea y terminar con la demolición de la infraestructura, es por eso que dividimos este ciclo de vida en 7 dimensiones.



Figura 3: Dimensiones del BIM

- BIM 1D: esta dimensión es el comienzo de un proyecto, es decir, es la idea. En esta dimensión se realizan estimaciones, se establecen planes de ejecución, etc.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

- BIM 2D: es la dimensión donde se realizaría el boceto que se tiene que modelar, es decir, se recopila la información del proyecto.
- BIM 3D: sería la fase de modelización 3D de toda la información recopilada en la segunda dimensión.
- BIM 4D: establece una dimensión del tiempo, es decir, podemos definir una planificación temporal a cada fase proyecto.
- BIM 5D: en esta dimensión se trata el control de costes con el objetivo de mejorar la rentabilidad del proyecto.
- BIM 6D: es la dimensión centrada en la eficiencia energética del modelo.
- BIM 7D: es la dimensión la cual trata el proyecto ejecutado, es decir, se basa en el mantenimiento de este proyecto durante su vida útil.

#### 2.4 Principales softwares del BIM.

Aplicaciones BIM
Revit
Allplan
ArchiCAD
Bentley Architecture
Tekla Structure

Figura 4: Aplicaciones BIM

Cabe destacar la diferencia entre las aplicaciones propias de BIM y las aplicaciones que se pueden conectar con BIM, como pueden ser Presto, Cype...

A continuación se realizara una breve explicación de las aplicaciones BIM:

- Revit: software más utilizado en BIM. Es un software de diseño paramétrico, donde toda la información del proyecto es guardada en un archivo único, además dispone de un interface gráfica de parametrización que le permite modelar cualquier elemento con independencia de su uso. Este software

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

contiene funciones de diseño arquitectónico, ingeniería estructural y de ingeniería de instalaciones (MEP).

- Graphisoft ArchiCad: este software tiene una estructura de proyecto similar a Revit. En ArchiCad los elementos paramétricos se guardan en forma de librerías y como archivos individuales, pero tiene el inconveniente que los objetos paramétricos han de ser preparados previamente con herramientas que exigen conocimientos de programación.
- Nemetscheck Allplan: en este software los proyectos se guardan en carpetas que tienen multitud de archivos que contienen la información del modelo. Estos archivos representan divisiones del modelo, generalmente por plantas y categorías de objetos. Además este software posibilita el trabajo en equipo ya que al estar contenida la información en diferentes archivos cada persona puede dedicarse a trabajar en un archivo concreto. Por otro lado se distinguen los objetos como objetos de sistema, tienen un comportamiento paramétrico pre-configurado, y objetos de componente, que se pueden generar a través de asistentes completos o mediante programación paramétrica de tipo gráfico.

Además de estos tendríamos software como Bentley Architecture, Teckla Structure, AECOSim que son conocidos como software de BIM pero son menos utilizados.

En la Tabla siguiente tenemos una comparación entre las distintas aplicaciones BIM:

	Estructura de la base de datos	Gestión del proyecto	Modelado literal	Modelado paramétrico libre	Conectividad nacional	Soporte CAD	Grado de desarrollo
Autodesk Architecture							
Autodesk Revit							
Graphisoft ArchiCAD							
Nemetscheck Allplan							
Bentley Architecture							

Figura 5: Comparación aplicaciones BIM.

## 2.5 Ventajas del BIM.

Como todo proceso de cambio se necesita que el nuevo método contengan unas ciertas mejoras que el método antiguo. En este caso pretendemos cambiar de la metodología actual a la metodología BIM. A través de este cambio de metodología obtenemos una serie de ventajas:

- Pasamos del diseño en 2D, que tenemos en la metodología actual, al diseño en 3D el cual permite una visualización del proyecto virtualmente, lo cual me permitirá realizar cambios antes de ejecutar.
- Tenemos una única plataforma para todas las fases del proyecto. Esta plataforma es accesible a todos los participantes del proyecto.
- Aumentamos la productividad lo que me implica una reducción de costes, ya que se optimizan los materiales, la duración de cada fase del proyecto es controlada, etc.
- BIM contiene toda la información de un proyecto desde su inicio hasta el fin de su ciclo de vida, por lo tanto me permitirá un mejor control del proyecto durante todo su ciclo de vida.

### 3. DESARROLLO ACTUAL DE PROYECTOS DE ESTRUCTURAS.

Un proyecto es un conjunto de documentos que nos definen la infraestructura que queremos llevar a cabo.

Actualmente las fases de documentación de un proyecto de estructuras son las siguientes:

- Idea: en esta fase se analiza la necesidad o el problema que queremos solucionar mediante una obra. Es decir, es la fase en la que buscamos la solución mediante la construcción de una infraestructura.
- Estudios previos: fase en la que se analizan diferentes puntos como que el proyecto sea económicamente y técnicamente viable, posibles fuentes de financiación en caso de llevar a cabo el proyecto, la prioridad que tiene realizar ese proyecto respecto a otros (en el caso de obra pública), etc.
- Anteproyecto: en esta fase se realizan estudios más detallados que en la anterior, se estudiarán las diferentes alternativas para la realización de la obra, se podrán hacer estimativas de presupuestos. Es decir, se expondrán diferentes aspectos fundamentales de una obra con el objetivo de poder proporcionar una primera imagen global de la obra que queremos llevar a cabo.
- Proyecto básico: en esta fase se realizarán los documentos necesarios y suficientes para poder definir la obra que queremos llevar a cabo. Con este proyecto se podrán solicitar los pertinentes permisos para poder ejecutar la obra ya que el proyecto básico contiene la suficiente información para comprobar si se ajusta a la normativa y legalidad.

Documentación que tiene un proyecto básico:

- Memoria descriptiva.
- Acreditación de cumplimiento del código técnico.
- Planos de planta, alzados...
- Resumen del presupuesto.
- Proyecto Ejecutivo: este proyecto define detalladamente la obra a ejecutar. Además sin este proyecto no podríamos empezar a ejecutar la obra, ya que el



proyecto básico solo nos sirve para pedir los permisos pero requiere de un proyecto siguiente más detallado para empezar la construcción.

Documentación que tiene un proyecto ejecutivo:

- Memoria descriptiva y constructiva.
  - Cumplimiento del código técnico de edificación y de la normativa y legalidad vigente.
  - Anejos a la memoria.
  - Planos de ejecución.
  - PPTP: pliego de preinscripciones técnicas particulares.
  - Mediciones y presupuestos.
  - Manual de mantenimiento de la obra.
- Ejecución: fase donde se tienen todos los permisos aprobados y podemos empezar a construir nuestro proyecto.

El Desarrollo de un proyecto de estructuras consta de principalmente de 5 etapas:

- Etapa de iniciación: se definen los objetivos y los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto.
- Etapa de planificación: se establecen una planificación de tiempo, de costos y como se han de satisfacer las restricciones de las prestaciones.
- Etapa de ejecución: se empiezan a desarrollar actividades para cumplir con los diferentes objetivos del proyecto. Se controla el cumplimiento de la planificación, se realiza un seguimiento del consumo de recursos y se realizan cambios y re-cálculos de la mejor ruta de trabajo.
- Etapa de control: contiene los procesos necesarios para realizar el seguimiento, revisión y monitorización del proyecto.
- Etapa de entrega: contiene todos los procesos para cumplimentar formalmente el proyecto y las obligaciones contractuales.

En la siguiente figura vemos como van surgiendo estas etapas a lo largo del tiempo de una obra:

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

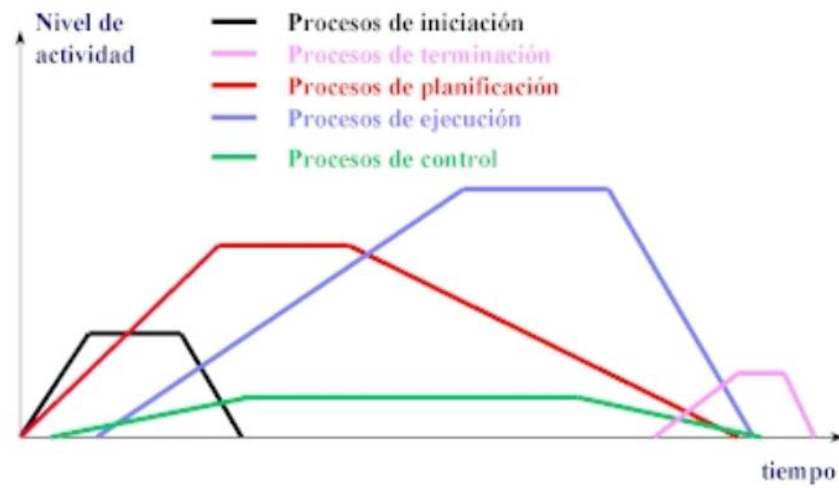


Figura 6: Como surgen los procesos en el tiempo.

## 4. DESARROLLO DE UN PROYECTO CON METODOLOGIA BIM.

### 4.1 Niveles de desarrollo.

Antes de empezar a explicar el desarrollo de un proyecto con BIM, considero conveniente explicar sin entrar en mucha profundidad que son los LOD.

Los elementos de nuestro modelo pueden tener distintos niveles de detalles y de información que estos niveles estarán definidos mediante los LOD's, que estarán definidos en nuestro proyecto ya que se requiere saber el nivel de detalle.

LOD es un acrónimo de Level of Development, es decir nos dirá el nivel de desarrollo al cual está elaborado nuestro modelo tridimensional en cuanto a geometría y la información relacionada con él, en otras palabras, es el nivel de fiabilidad que se da a la información del modelo.

Tenemos una serie de niveles LOD como lo veremos en la siguiente imagen:



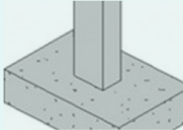
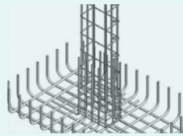
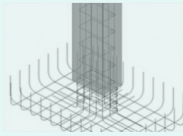
LOD O NIVELES DE DESARROLLO				
LOD	REPR. GRÁFICA *	INFORMACIÓN NO GRÁFICA	OBSERVACIONES	EJEMPLO
100	No. Sólo un símbolo o similar.	No.	Puede ser información no gráfica asociada a otro elemento.	
200	Sí, pero aproximado.	Sí.	–	
300	Sí.	Sí.	–	
350	Sí.	Sí.	Los ítems necesarios para la coordinación del elemento con otros elementos cercanos o enlazados son modelados. Dichos ítems pueden ser, entre otros, apoyos o uniones.	
400	Sí. Verificado.	Sí.	Se modela con el suficiente detalle y exactitud para la fabricación del componente que representa.	
500	Sí.	Sí.	En el documento del BIMForum no se hace referencia a elementos LOD 500 puesto que estos están referidos a la verificación y no son una indicación de la progresión a un nivel superior de la geometría del elemento de modelo o información no gráfica.	–

Figura 7: Niveles de detalle BIM.

## 4.2 Etapas de un proyecto BIM:

Como ya hemos visto en el apartado 2 el desarrollo de un proyecto de estructuras actualmente está de una manera que es optimizable con esta nueva metodología está siendo revolucionaria, ya que la metodología BIM propone un cambio en el desarrollo de proyectos, que evidentemente mejora este desarrollo.

Desarrollar un proyecto con BIM implica definir unos ciertos procesos que me marcan la evolución del proyecto, des de la idea inicial hasta el fin de la vida útil de la infraestructura diseñada. Además al estar trabajando con BIM, el cual propone una mejora al desarrollo actual, tenemos que tener una buena organización y estandarizarlo, para que cualquier agente que revise el proyecto pueda entenderlo fácilmente independientemente de la zona geográfica en la que se encuentre.

En un proyecto de estructuras BIM podemos distinguir 5 fases, las cuales son todas esenciales ya que si no se pondrá en riesgo la integridad del proyecto:

### 1. Estudios preliminares.

En esta etapa se recogerá, analizara y procesara toda la información que me influirá en el proyecto. Es decir, en esta fase conoceremos en profundidad aspectos como: las características del sitio donde realizaremos la obra, la normativa vigente que se ha de respetar en nuestra obra, estudios geotécnicos de nuestro suelo...

El arquitecto nos facilita un proyecto arquitectónico y se realiza un modelo tridimensional básico con niveles de desarrollo de LOD100, LOD200 que servirá como base en la fase.

Con toda la información recogida se termina generando un servidor de información coherente y eficaz que irá mejorando con el paso de las fases hasta llegar a la fase 5 en la cual tendremos un servidor de información completo.

### 2. Esquemas iniciales:

Una vez elaborada la fase de estudios preliminares procedemos a la etapa de esquemas iniciales, donde se plantearan al arquitecto las diferentes soluciones creadas para satisfacer las necesidades planteadas anteriormente por el arquitecto.

Se empiezan a definir a nivel básico los materiales, sistemas constructivos y elementos estructurales. Todas las variantes y alternativas propuestas al arquitecto se irán introduciendo y adaptando en nuestro modelo tridimensional básico, elaborado en la fase anterior, así como en la hoja de mediciones.

### 3. Anteproyecto:

En esta etapa se define con más detalle la configuración espacial, la forma de la infraestructura, sistemas estructurales y los sistemas constructivos a emplear. Una vez tenemos toda esta información la incorporamos en nuestro modelo. Cuando ya se han introducido los ajustes a nuestro modelo se realizara una nueva presentación y así sucesivamente hasta obtener un anteproyecto definitivo.

El modelo va aumentando su nivel de desarrollo hasta llegar a obtener un LOD300 y unas mediciones mucho más fiables que en la etapa anterior.

Por otro lado se inicia un proceso de búsqueda de problemas constructivos tanto físico como de espacio.

### 4. Proyecto ejecutivo.

Esta etapa comenzara siempre y cuando ya tengamos definido un anteproyecto.

Se comienza con el desarrollo de documentación gráfica y escrita donde se incluirá toda la información necesaria para realizar la construcción de la infraestructura.

Además en esta etapa se vuelve crucial la coordinación con los demás especialistas que intervienen en el proyecto aunque ya han intervenido en la fase de anteproyecto. Todos estos especialistas desarrollaran el proyecto de su especialidad con un alto nivel de detalle. Como en esta etapa todo tendrá un alto nivel de desarrollo terminaremos obteniendo un modelo con un nivel LOD400.

Por otro lado se verificaran los problemas encontrado en la etapa de anteproyecto y se corregirán.

Se terminara entregando un modelo BIM del cual podamos extraer los planos en 2D y las correspondientes mediciones. Estos planos han de ser verificado para asegurar que cumplen la normativa correspondiente y poder dar inicio a la obra.

5. Supervisión de obra:

En esta etapa se realizan los ajustes o cambios que han surgido debido a los imprevistos en obra. Estos cambios y ajustes siempre se han de introducir en el modelo para poder tener un modelo constantemente actualizado.

En esta fase el nivel de desarrollo aumentara hasta llegar al LOD500 ya que vamos actualizando nuestro modelo.

4.3 Elaboración de documentos con BIM:

1. Pliego de preinscripciones técnicas.

- Memoria: la metodología BIM en este caso nos facilitaría la realización de anejos de replanteamiento o de materialización del proyecto debido a su capacidad de modelaje.
- Planos: debido a que se trabaja con un modelo único y actualizado se agiliza esta documentación ya que independientemente del software que utilicemos podemos obtener directamente los planos del proyecto con sus correspondientes detalles requeridos.
- PCTP: este documento es facilitado por BIM ya que se puede filtrar los elementos contenidos en el proyecto de acuerdo con la información que nos interesa reflejar en el documento.

2. Presupuestos.

En esta nueva metodología nos facilita la obtención de los presupuestos. Estos presupuestos con sus correspondientes documentos se obtienen a partir de un software 5D que conectaremos con BIM, estos software pueden ser como Presto, TCQ, Arquímedes...

Como actualmente hay herramientas 5D que tienen conexión directa con la metodología BIM nos facilitara la elaboración de estos documentos ya que al actualizar la información de nuestro modelo se nos actualizara automáticamente la información modificada en nuestro software 5D. Esto es

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON  
METODLOGIA BIM.

una gran ventaja ya que nos agiliza la elaboración de estos documentos sin tener que cambiar manualmente los cambios realizado en el modelo en nuestro software de presupuestos.

## 5. COORDINACION DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURA ACTUALEMENTE.

Para llevar a cabo a la siguiente explicación de como se coordinan hoy en día los proyectos de estructuras nos centraremos en el siguiente gráfico (extraído del seminario de metodología BIM impartido gratuitamente para estudiantes UPC):

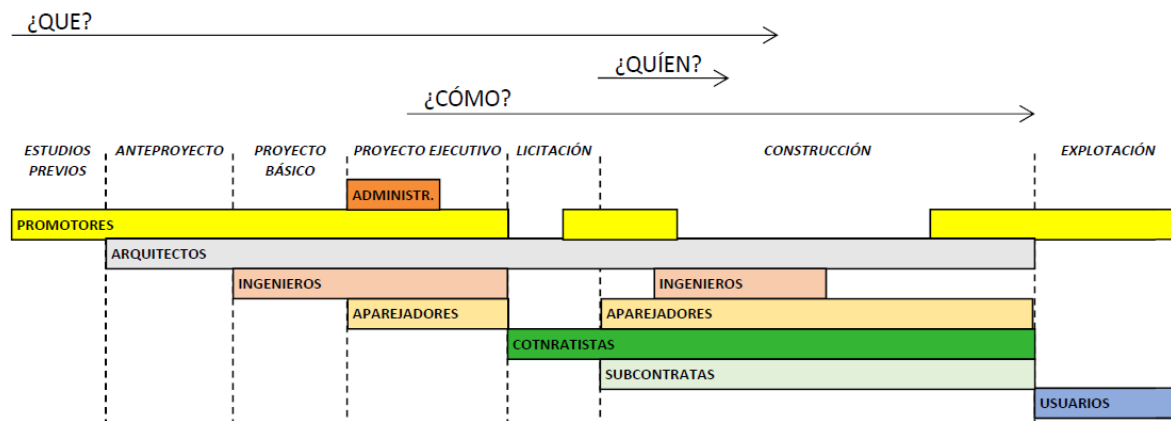


Figura 8: Coordinación actual

Como observamos en el gráfico los agentes que intervienen en un proyecto van entrando en función de la etapa del proyecto en la que nos encontramos, pero esto es mejorable ya que hay agentes que deberían intervenir más en el proyecto, ya que tienen mucho que aportar. Es decir, los agentes que intervienen en el proyecto van actuando de forma secuencial de tal forma que hay agentes que intervienen en fase ejecutiva no intervienen en la redacción del proyecto.

Por otro lado como vemos que el usuario no interviene en ninguna fase hasta la explotación de la estructura, es decir no tiene decisión en las fases anteriores del proyecto cuando en verdad es el usuario quien va a explotar la infraestructura.

Por otro lado analizaremos el siguiente gráfico publicado por el AIA:



TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

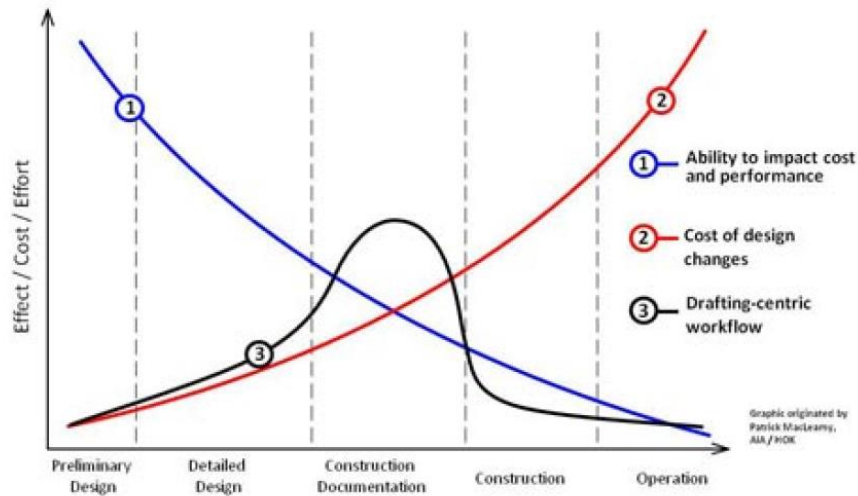


Figura 9: Esfuerzo, coste y efecto a lo largo del tiempo.

En este grafico se analiza esfuerzo/coste/efecto (eje de ordenadas) en función de la fase en la que nos encontramos, es decir, el tiempo (eje de abscisas). Como podemos observar la línea negra nos representa el flujo de trabajo que tenemos actualmente, la cual tienen centrados los esfuerzos/costes/efectos en la fase intermedia que sería la fase de preparación de la documentación. Cabe remarcar que la toma de decisiones en etapas muy avanzadas suponen unos costes muy elevados por lo que es recomendable hacer esta toma de decisiones lo antes posible.

Además respecto la productividad que se tiene con esta coordinación es bastante baja como observamos en el siguiente gráfico:

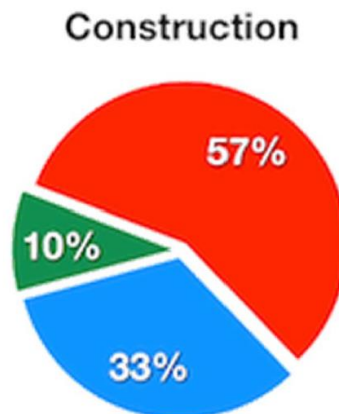


Figura 10: Productividad actual.

## TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

Este gráfico nos representa un 100% de productividad, en el cual un 57% aproximadamente de cosas que se realizan sin ningún valor añadido, como por ejemplo tener que derrumbar un pilar porque está mal ejecutado y tenerlo que volver a hacer, estas acciones no nos proporcionan valor añadido, es decir, no avanzamos en la obra. Por otro lado solo se realizan un 10% de acciones con valor añadido, es decir, que avanzamos en la obra. Y un 33% aproximadamente son realizadas como actividad soporte, como por ejemplo hacer el encofrado de un pilar para poder hormigonear.

Respecto la coordinación entre la ingeniería (estructuras e instalaciones) y la arquitectura, actualmente se trabaja con el software de diseño AutoCAD el cual es bidimensional y no permite añadir información sobre ningún elemento. Por tanto como se entregan planos bidimensionales no se permite la visualización de conflictos entre las diferentes disciplinas.

Actualmente para poder determinar los conflictos existentes entre las diferentes disciplinas se realizan y analizan diferentes planos CAD con el fin de poder identificar de una manera visual problemas de interferencias. Este es un método que requiere gran esfuerzo pero que no nos garantiza encontrar todos los conflictos existentes y por lo tanto está sujeto a un alto nivel de error en la detección de conflictos. Es decir, nuestra rentabilidad como ya hemos visto anteriormente es muy baja ya que habrá problemas que no se han detectado y por lo tanto no se han podido solucionar a tiempo, es decir, nos implicaría realizar acciones sin ningún valor añadido.

Esta baja productividad se ve en aumento, como lo veremos en el siguiente apartado, con la metodología BIM.

## 6. FLUJO DE TRABAJO DE DESARROLLO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

### 6.1 Desarrollo de un proyecto de estructuras con BIM:

Como comentamos anteriormente en el desarrollo actual de un proyecto no es muy eficiente y además tenemos una baja productividad. Por este motivo surge el cambio a la metodología BIM que entre otras cosas pretende subir esta productividad baja que tenemos actualmente.

Desarrollar un proyecto de estructuras con BIM me proporcionara:

- Mayor rendimiento de producción.
- Mejora en el control de documentación e información
- Mayor calidad del proyecto.

#### 6.1.1 ¿En qué me ayuda BIM?

Los beneficios de BIM en un proyecto de estructuras son múltiples pero los principales son la coordinación entre las diferentes disciplinas de un proyecto y la colaboración entre todos los agentes que intervienen en el proyecto hasta el fin de su vida útil.

A parte de los beneficios principales ya mencionados, que se dan por asumidos al implementar BIM, existen más beneficios como:

- Minimización de errores de delineación:  
Esta ventaja se produce ya que no se producen textos en la documentación, sino que se colocan etiquetas que contienen las propiedades de los elementos. Por lo tanto nos evita de tener errores en el texto.
- Mejora de la concepción del trabajo a realizar:  
Como BIM propone un diseño de estructuras mediante un software 3D, la persona que está modelando el proyecto lo estaría construyendo virtualmente lo que facilitaría la detección de problemas.

## TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

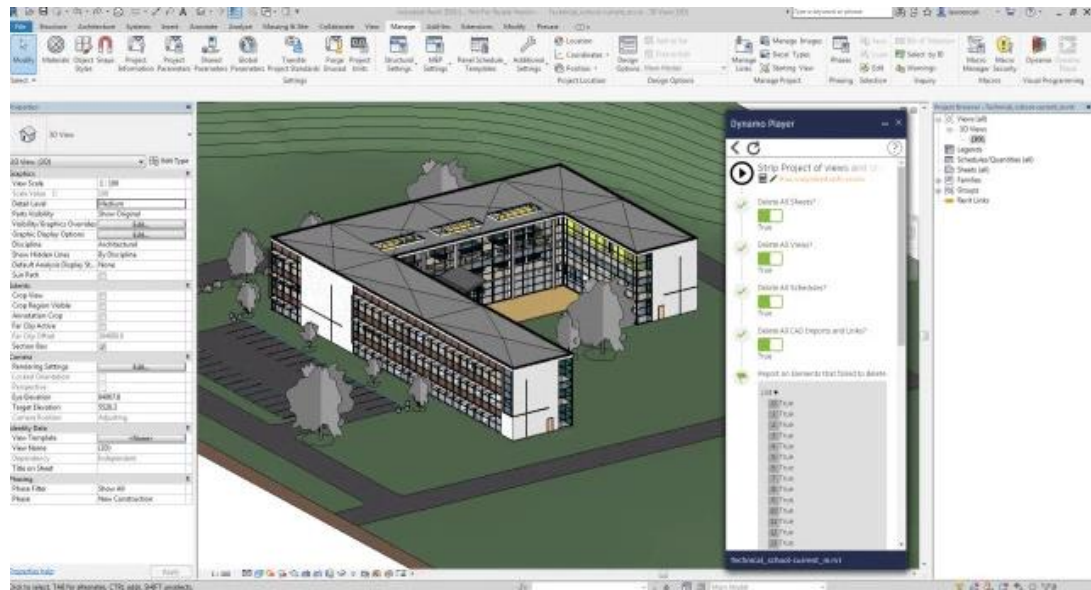


Figura 11: Modelo 3D.

- Facilitación de la gestión de la información:

Como BIM propone un único modelo facilita la revisión del proyecto para todas aquellas personas que intervienen en el proyecto.

- Facilidad de revisión:

Al ser un modelo 3D que contiene toda la información en cualquier momento, incluso finalizado el proyecto y personas ajenas al proyecto, pueden revisar el proyecto y poder llegar a entenderlo o imaginárselo.

- Automatización de las mediciones:

Siempre que se utilice familias con los parámetros adecuados las mediciones se pueden obtener casi automáticamente, es decir, se pueden obtener estimaciones de precios o cantidades a utilizar en todas las fases del proyecto.

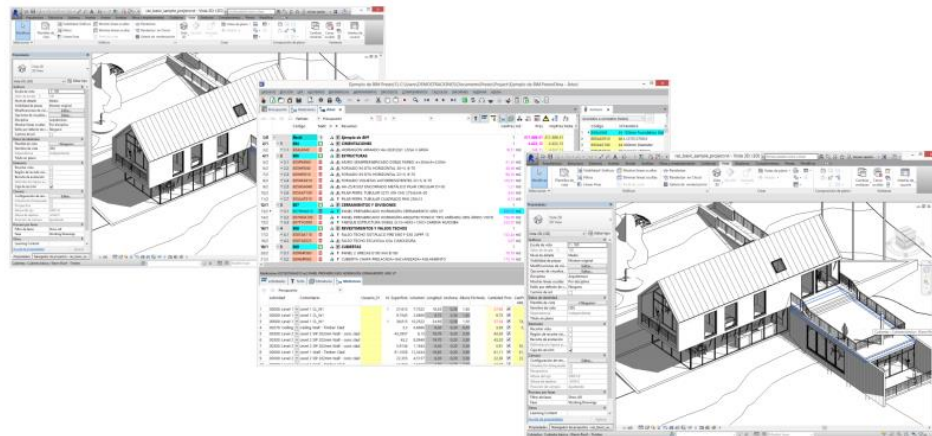


Figura 12: Mediciones del modelo 3D.

## TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

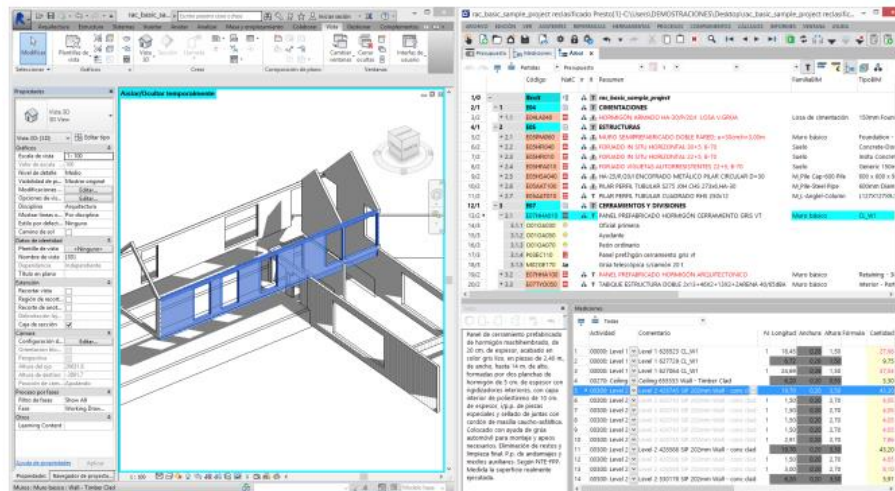


Figura 13: Conectividad de Revit con Presto.

<https://www.rib-software.es/pdf/Enlace-con-BIM/Cost-It.pdf>

Además al poder conectar Presto, el cual es un software que nos permite gestionar y controlar los costes de un proyecto, con un software BIM las modificaciones que se realicen en un software se realizaran automáticamente en el otro. Y por otro lado al seleccionar un elemento en un software lo podremos visualizar en el otro.

- Documentación más exhaustiva y más fácil de elaborar:

Como tenemos un modelo 3D se pueden generar múltiples vistas 2D y de esta manera se hace mas clara la comprensión de la estructura y la solución adaptada. Todas estas vistas 2D están coordinadas ya que nuestro modelo es único y por lo tanto la parte de planos de la documentación se puede extraer a partir de nuestro modelo 3D.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.



Figura 14: Generación de planos.

- Herramientas de gestión:

Como finalmente se termina teniendo un modelo virtual en el cual tiene contenida toda la información de cada parámetro, en caso de querer añadir o modificar parámetros se puede realizar con facilidad.

- Conectividad con otros programas de análisis estructural:

Reduce el tiempo de generación del modelo y evita errores de definición geométrica. Además podemos realizar cálculos paralelos con diferentes softwares para poder comprobar y tener una seguridad sobre los resultados obtenidos.

- Modificaciones:

Como con la metodología BIM tenemos un modelo virtual 3D a la hora de realizar modificaciones se me modifica automática en todas las vistas del modelo. Esto es una ventaja importante en ahorro de tiempo ya que con AutoCAD dibujamos líneas y si modificamos una línea la hemos de modificar manualmente en cada vista.

En resumen, de lo comentado anteriormente, trabajar con la metodología BIM nos proporciona grandes beneficios ya que trabajamos con un modelo virtual y no con líneas (caso de trabajar con AutoCAD) por lo tanto toda modificación o alteración del proyecto se me realizara automáticamente en todo el modelo. Además trabajar con un

modelo virtual es más agradable ya que tenemos una primera imagen de como quedara nuestro proyecto y se detectan problemas que puedan surgir referente al diseño.

Por otro lado al ir añadiendo información a cada elemento se puede ir realizando una estimación del presupuesto en la fase que nos interese, ya que se nos generaran mediciones del modelo y si cuantificamos esos valores en dinero obtenemos el presupuesto.

#### 6.1.2 Usos del BIM en un proyecto de estructuras:

Como hemos visto anteriormente la utilización de BIM me proporciona unos ciertos beneficios respecto a la redacción de documentos, presupuestos, etc.

A continuación veremos cómo podemos generar la documentación gráfica, las mediciones de un proyecto y la generación de un modelo analítico a través del software Revit, ya que las demás aplicaciones realizan lo mismo de forma similar.

##### 6.1.2.1 Generación de la documentación gráfica:

Para generar la documentación gráfica de nuestro proyecto, es decir los planos, primero hemos de tener finalizado nuestro modelo virtual en 3D. Este modelo virtual lo podemos ver en planta siempre que queramos, pero a la hora de presentar los planos se han de realizar más formal, como se lleva realizando en AutoCAD, con un cajetín que contenga toda la información necesaria para poder identificar ese plano.

Para la creación de este cajetín el software Revit tiene definida una plantilla en un formato A1 la cual se puede modificar. A esta plantilla podemos acceder en el navegador de proyecto yendo al apartado de planos y creando un nuevo plano.

**TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.**

[illegible]

Figura 15: Plantilla de cuadro de rotulación para DIN A0.

Para poder configurar la plantilla hemos de conocer bien las propiedades de la vista.

Las propiedades de las vistas del plano se dividen en 4 partes: gráficos, datos de identidad, extensión, proceso por fases. Cada parte de las propiedades tendrá sus correspondientes apartados que serán explicados a continuación.

- Gráficos:

Gráficos	
Escala de vista	1 : 100
Valor de escal...	100
Visualizar mo...	Normal
Nivel de detalle	Bajo
Visibilidad de ...	Mostrar orig...
Modificación...	<a href="#">Editar...</a>
Opciones de v...	<a href="#">Editar...</a>
Subyacente	Ninguno
Orientación S...	Plano
Orientación	Norte de pr...
Visualización ...	Limpiar tod...
Disciplina	Arquitectura
Ubicación de ...	Fondo
Esquema de C...	<ninguno>
Estilo por defe...	Ninguno
Camino de sol	<input type="checkbox"/>

Figura 16: Propiedades de gráficos.



- Escala de vista: es el valor de la escala a la que tendremos el plano.
- Visualizar modelo: el modelo lo podemos ver en 3 opciones distintas que aparecen en el desplegable: normal, tramado, no visualizar.
- Nivel de detalle: define el nivel de detalle al que tengo el plano, se puede escoger entre bajo, medio o alto.
- Visibilidad de piezas: las piezas son unos elementos que se pueden crear dentro de lo que ya tenemos diseñado, por lo que aquí se decide si quieres mostrar el original, mostrar las piezas o mostrar ambos.
- Modificaciones de visibilidad: al darle al botón editar lleva a un cuadro de visibilidad de gráficos en el cual podemos determinar qué elementos se quiere reflejar en el plano.
- Opciones de visualización: determinamos como queremos ver la vista en el plano de las diferentes opciones que se da.
- Subyacente: se determina si se quiere ver en el plano los niveles que hay por debajo de este de una manera difuminada.
- Orientación de subyacente: se decide en caso de querer el plano subyacente y se determina si se ve desde arriba o desde abajo.
- Orientación: se determina la orientación de nuestro proyecto es decir el norte del plano.
- Visualización de unión de muros: determinar si se desea limpiar la unión de todos los muros o de solo los de la misma clase. Limpiar un muro implica recortar la unión, no se verá dónde empieza ni termina un muro es decir parece continuo.
- Disciplina: se escoge la disciplina donde te encuentras, es decir, arquitectura, estructuras o instalaciones.
- Esquema de color: diferencia por colores cuando se use en las diferentes vistas.
- Camino del sol: al activarse muestra el norte del plano.
- Datos de identidad:

Datos de identidad		⬆
Nombre de vista	02 Baja	
Dependencia	Independiente	
Título en plano		
Número de plano	A302	
Nombre de plano	Sin nombre	
Plano de referencia		
Detalle de referencia		
Plantilla de vista por defecto	Ninguno	

Figura 17: Propiedades de datos de identidad.

- Nombre de vista: es el nombre de la vista que nos aparece en el navegador del proyecto y que se puede modificar des de él.
- Dependencia: se utiliza cuando se tiene vistas que dependen de otra, aparecerá el nombre de la vista de la que depende.
- Título del plano: nombre que queramos que aparezca debajo de nuestro plano. Por ejemplo yo he realizado el ejemplo con una planta y el nombre he puesto planta pues me aparecerá como en la siguiente imagen:

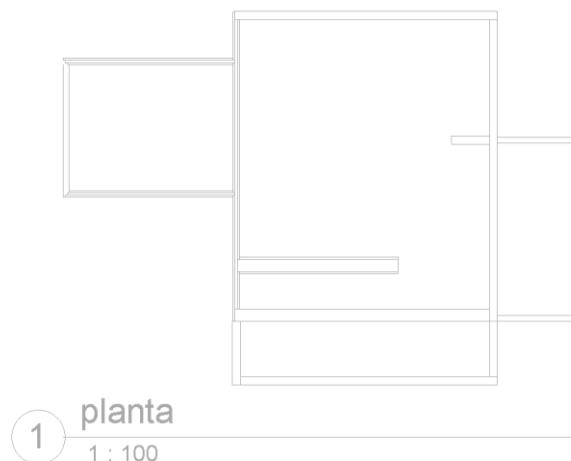


Figura 18: Aparición del nombre de la vista en el plano.

- Plano de referencia y detalle de referencia: hace referencia de donde se va a colocar la vista, es decir, al papel.

- Extensión:

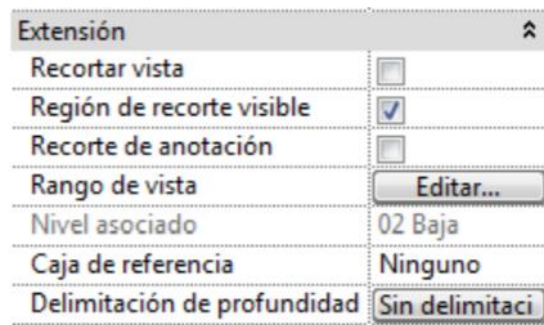


Figura 19: Propiedades de extensión.

Al aplicar la región de recorte visible en Revit automáticamente aparece un rectángulo azul para introducir dentro lo que se quiere ver pero como podemos observar en la imagen de debajo no nos cortara el plano, sino que para que nos los corte hemos de activar el punto de recortar vista.

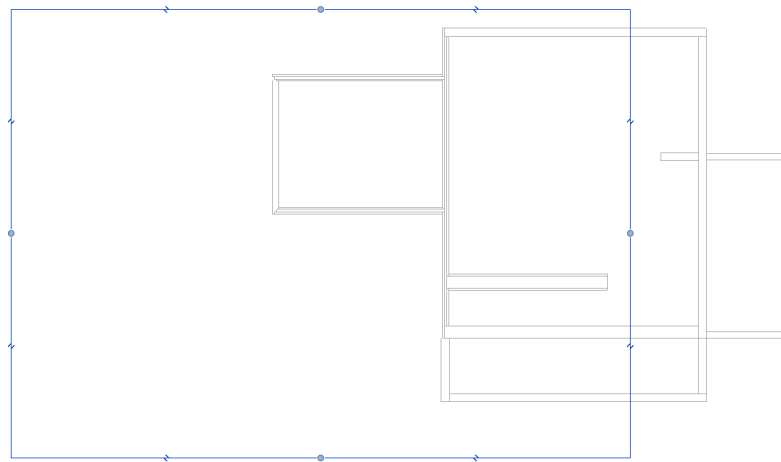
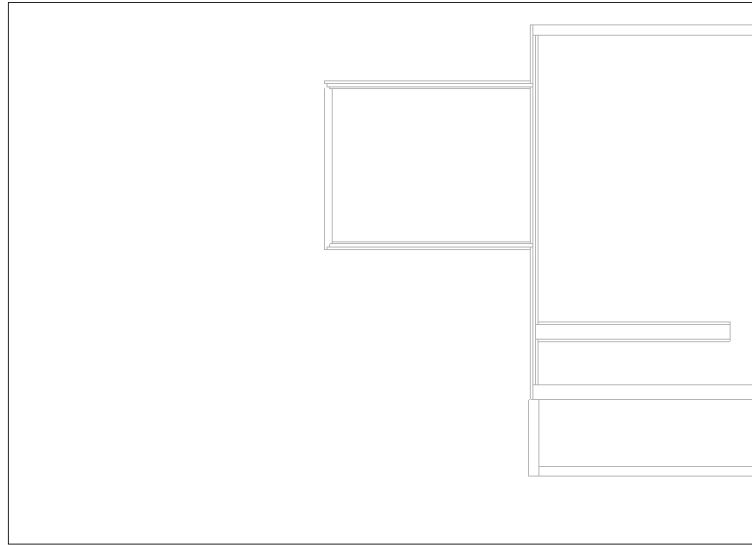


Figura 20: Región de recorte visible.



*Figura 21: Región de recorte visible + recorte de vista.*

Además si se activa el recorte de anotaciones desaparece de la vista todas aquellas anotaciones que contenga la vista, como los textos introducidos.

Y el rango de vista me determina la altura del plano de corte, es decir, la altura desde la cual se realiza la vista en planta, todo lo que tengamos por encima de esta altura no nos aparecerá.

- Procesos por fases:

En esta fase determinamos si es una obra nueva o una existente, es decir, le damos un tiempo al plano ya que si es obra nueva el plano se seguirá en la fase de ejecución, en cambio si es existente se utilizará en fase de rehabilitación/explotación.

Una vez configuradas las propiedades de las vistas, se pasaría a la creación de textos en la vista para realizar las correspondientes anotaciones. Realizar textos en Revit es muy sencillo como en cualquier otro software. Hemos de ir a la función de Anotar y seleccionar texto y entonces nos aparecerá para crear nuestro cuadro de texto en el cual escribiremos.

Una vez realizadas las correspondientes anotaciones, como todo plano formal ha de llevar sus correspondientes acotaciones. Acotar en Revit es relativamente

sencillo, se ha de ir a la función de Anotar y seleccionar una de 5 opciones que se encuentran dentro de cota.

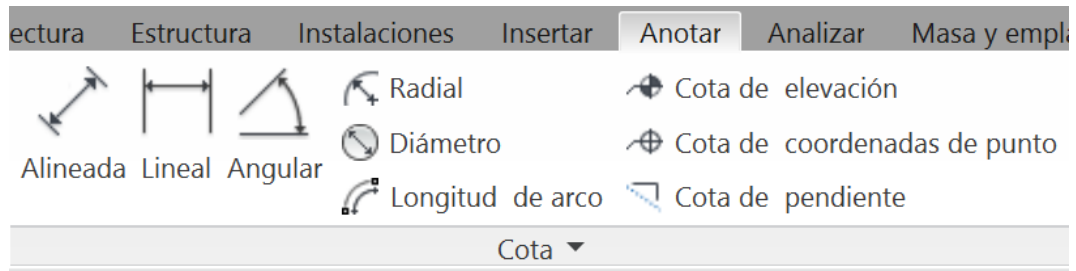


Figura 22: Acotación de planos.

Luego si se desea modificar el formato de la acotación, se ha de seleccionar cualquier cota que tengamos ya hecha y en el cuadro de propiedades darle a editar tipo. Dentro de editar tipo se ha de duplicar la que ya teníamos y a continuación realizar los cambios requeridos respecto la acotación anterior, por ejemplo el tamaño de letra, color, grosor, etc.

Una vez realizada toda la configuración de la vista, y se le han añadido sus correspondientes anotaciones y acotaciones podemos proceder a introducir la vista en la plantilla conseguida inicialmente. Para insertar la vista la hemos de seleccionar en el navegador de proyectos y arrástrala hasta el plano, entonces sale un rectángulo azul que implica la colocación de la vista en la plantilla.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

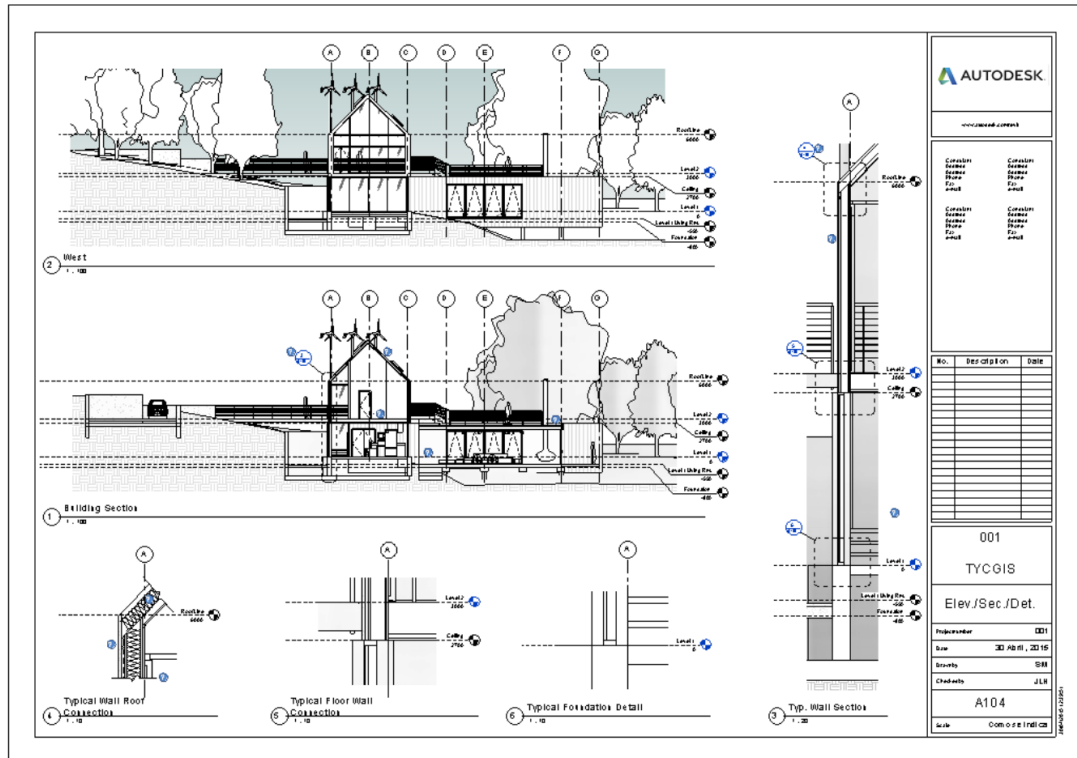


Figura 23: Ejemplo de plano.

En el software Revit no tenemos el uso de capas que existe en AutoCAD por lo tanto si tenemos que realizar más de un plano con la misma vista pero diferente información de esa vista, lo que hemos de hacer es duplicar vistas, es decir, se tiene una vista para cada plano realizado. Por lo tanto el flujo de trabajo en Revit será el trabajar con las vistas, es decir, duplicarlas en caso necesario y en cada duplicación mostrar lo que interesa reflejar en la vista. Es decir, terminamos teniendo una documentación gráfica coordinada, así evitamos incongruencias entre los distintos planos de un proyecto.

#### 6.1.2.2 Generación de las mediciones:

Actualmente para generar el presupuesto de un proyecto se realizan las mediciones a mano escribiendo los capítulos y partidas, lo que nos implica un alto riesgo de error. Para solucionar este problema la metodología BIM permite la importación y exportación del modelo en capítulo de mediciones para generar el presupuesto, lo que nos implica obtener un presupuesto más exacto. Estos softwares nos permiten extraer la información en capítulos y subcapítulos del modelo tridimensional, que luego nos aparecerán en el presupuesto.

## TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

A continuación veremos como podemos obtener la tabla de mediciones con el software Revit, ya que es muy útil para poder realizar el presupuesto.

Primero de todo determinar donde se nos colocaran las tablas de mediciones que vayamos creando: estas tablas se nos irán almacenando en el navegador de proyecto en una carpeta llamada “tablas de planificación/cantidades”.

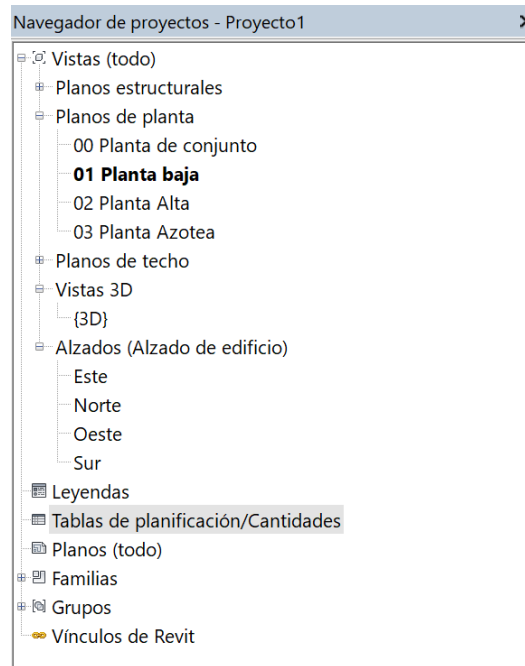


Figura 24: Navegador de proyectos localizando las tablas de planificación /cantidades.

Para crear una tabla de planificación/cantidad se ha de ir a la función de vista en la cual dentro de crear encontraremos un icono llamado tabla de planificación/cantidades como observamos en la siguiente imagen:

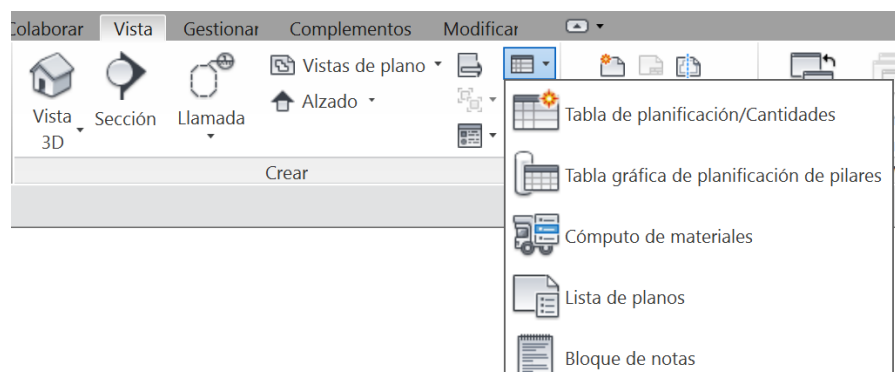


Figura 25: Creación de la tabla de planificación/ cantidades.

Una vez seleccionado este icono de crear la tabla, aparecerá una ventana en la que se ha de indicar que categoría vamos a introducir en la tabla, es decir en

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON  
METODOLOGIA BIM.

caso de un proyecto de estructuras podemos seleccionar la categoría de  
armadura estructural por ejemplo:

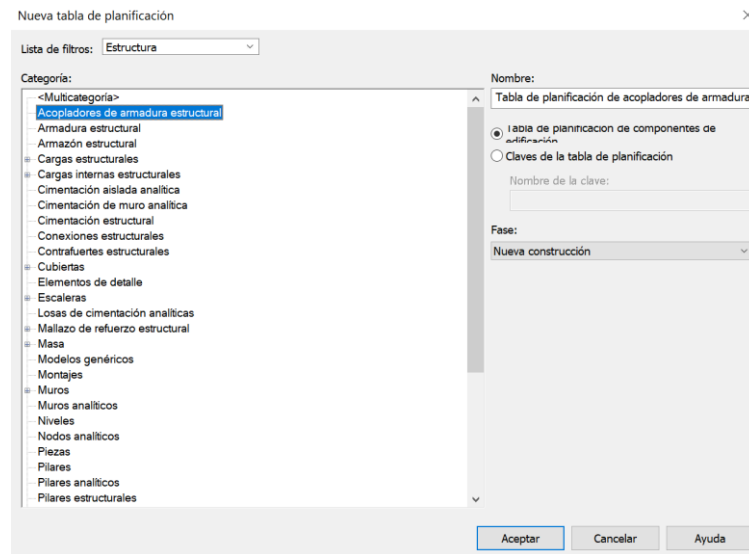


Figura 26: Elección de los elementos de la tabla.

Una vez seleccionada la categoría aparece otro recuadro en el que se tiene que  
indicar que información queremos reflejar en la tabla como por ejemplo la  
cantidad:

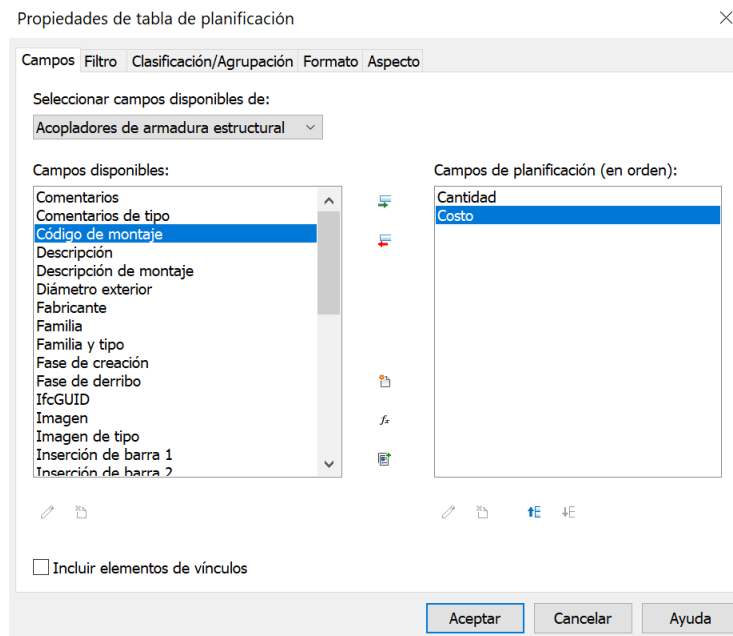


Figura 27: Elección de los parámetros de la tabla.



TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

Una vez introducidos estos datos obtendremos la tabla requerida:

<Tabla de planificación de habitaciones>				
A	B	C	D	E
Nombre	Nivel	Perímetro	Área	Volumen
Habitación	2 - Planta Baja	12.20	9.18 m²	20.20 m³
Lavabo	2 - Planta Baja	6.60	2.70 m²	5.94 m³
Cocina	2 - Planta Baja	15.40	14.36 m²	31.59 m³
Recibidor	2 - Planta Baja	22.89	18.35 m²	42.90 m³
Sala de estar	2 - Planta Baja	17.13	16.95 m²	37.47 m³
Sala de exposic	2 - Planta Baja	34.19	63.92 m²	140.63 m³
Distribuidor	3 - Planta Primera	29.90	19.44 m²	42.76 m³
Sala de estar	3 - Planta Primera	12.15	9.16 m²	20.15 m³
Habitación	3 - Planta Primera	13.40	9.09 m²	20.00 m³
Baño	3 - Planta Primera	6.60	2.70 m²	5.94 m³
Habitación	3 - Planta Primera	13.40	9.09 m²	20.00 m³
Baño	3 - Planta Primera	8.40	4.05 m²	8.91 m³
Habitación	3 - Planta Primera	22.40	23.43 m²	51.55 m³
Balconera	3 - Planta Primera	29.28	12.88 m²	28.33 m³
Sala de máquin	3 - Planta Primera	4.60	1.20 m²	2.64 m³
Terraza	3 - Planta Primera	22.71	23.98 m²	68.21 m³

Figura 28: Tabla de planificación/cantidades.

Como podemos observar no nos refleja el total de cada indicador, si queremos que nos aparezca el total se ha de ir a las propiedades de la tabla y darle a editar en clasificación/agrupación, se abre una ventana en la cual en formato se tiene que activar el colocar y totales y luego en clasificación/agrupación hemos de activar el clasificar por totales generales. Entonces se puede ver en la siguiente imagen obtendremos la tabla de mediciones con los totales de cada categoría:

<Tabla de planificación de puertas>					
A	B	C	D	E	F
Familia	Tipo	Altura	Anchura	Costo	Nivel
Balconera corredera, 2 hojas	2800 x 2000 m	2.00	2.80		3 - Planta Primera
Balconera corredera, 2 hojas	2300 x 2000 m	2.00	2.30		3 - Planta Primera
Balconera corredera, 2 hojas	2300 x 2000 m	2.00	2.30		3 - Planta Primera
Balconera corredera, 2 hojas	2800 x 2000 m	2.00	2.80		2 - Planta Baja
Balconera corredera, 2 hojas: 4				0.00	
Puerta atamborada de 2 hojas	1500 x 2032 m	2.03	1.50		3 - Planta Primera
Puerta atamborada de 2 hojas: 1				0.00	
Puerta de 1 hoja	70 x 210 cm	2.10	0.70	300.00	3 - Planta Primera
Puerta de 1 hoja	70 x 210 cm	2.10	0.70	300.00	3 - Planta Primera
Puerta de 1 hoja	70 x 210 cm	2.10	0.70	300.00	3 - Planta Primera
Puerta de 1 hoja	70 x 210 cm	2.10	0.70	300.00	3 - Planta Primera
Puerta de 1 hoja	70 x 210 cm	2.10	0.70	300.00	3 - Planta Primera
Puerta de 1 hoja	70 x 210 cm	2.10	0.70	300.00	3 - Planta Primera
Puerta de 1 hoja	70 x 210 cm	2.10	0.70	300.00	2 - Planta Baja
Puerta de 1 hoja	70 x 210 cm	2.10	0.70	300.00	3 - Planta Primera
Puerta de 1 hoja	70 x 210 cm	2.10	0.70	300.00	1 - Terreno natural
Puerta de 1 hoja: 9				2700.00	
Total general: 14				2700.00	

Figura 29: Tabla de planificación/cantidades con totales.

Una vez obtenida la tabla de mediciones se puede exportar yendo al menú de Revit (es decir, la R) al apartado de exportar, dentro de este tenemos la opción de informes y se ha de seleccionar tabla de panificación y nos preguntara como

## TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

lo queremos delimitar. (Si queremos que sea reconocida por Microsoft Excel se ha de delimitar con tabulador).

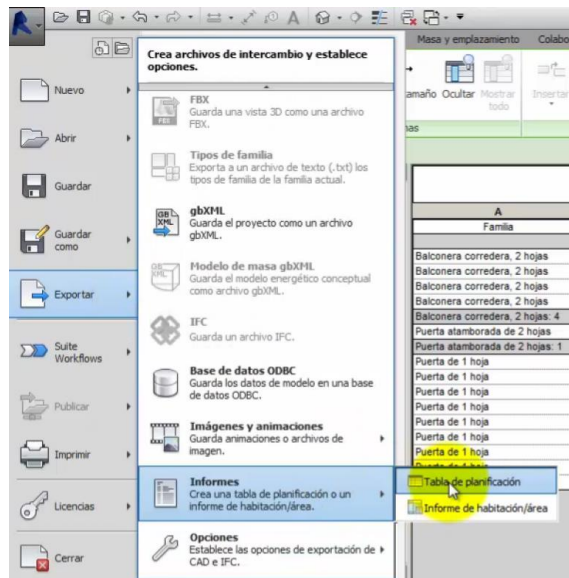


Figura 30: Exportación de tablas de planificación/cantidades.

Esta información ha de ser exportada a un software 5D, la cual se puede realizar: vía IFC (para programas como el TCQ) o vía mismo software o nativo (para programas como Presto, Arquímedes)

### 6.1.2.3 Generación de un modelo analítico:

Un modelo analítico es una representación 3D simplificada de un modelo completo que sirve para realizar los análisis estructurales convenientes. Este modelo analítico contiene información sobre la geometría, propiedades de los materiales y las cargas estructurales. En este modelo analítico se incluirán los pilares y las vigas que sean lineales como también los forjados y los muros que sean planos, por otro lado las cimentaciones no se incluyen en este modelo por lo cual hemos de definir unas condiciones de contorno que veremos más adelante.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

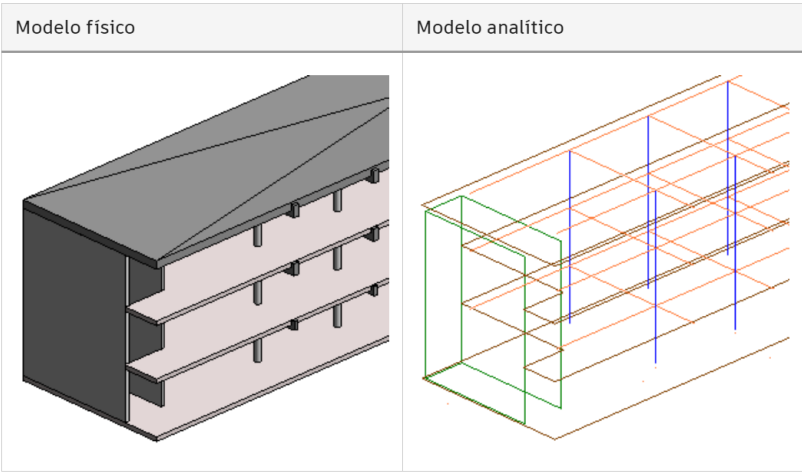


Figura 31: Modelo físico vs modelo analítico.

Independientemente de la vista donde se encuentre se ha de activar la visibilidad del modelo analítico. ¿Cómo activamos esta visibilidad? Para activar esta visibilidad nos hemos de ir a la función vista y seleccionar visibilidad grafica (o tecleando VG ya nos lleva directamente a esta ventana), una vez ya en visibilidad grafica hemos de desactivar las categorías del modelo y activar las categorías del modelo analítico.

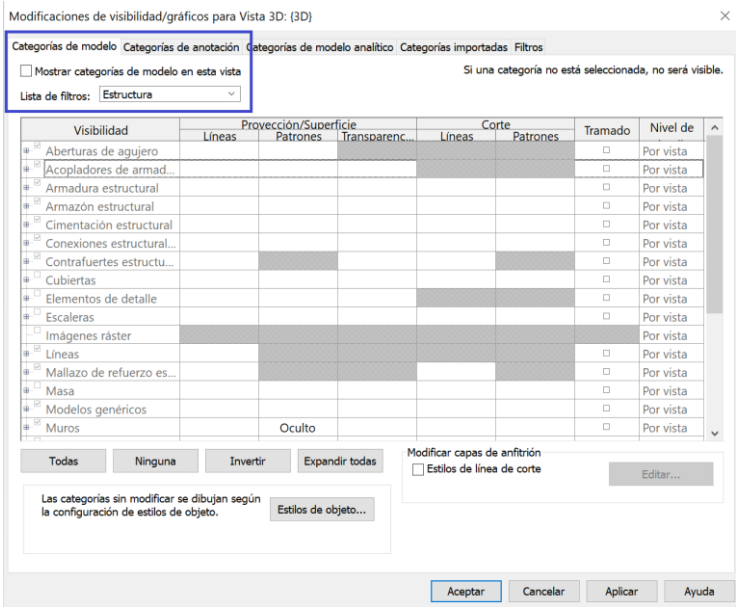


Figura 32: Desactivar categorías del modelo.

## TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

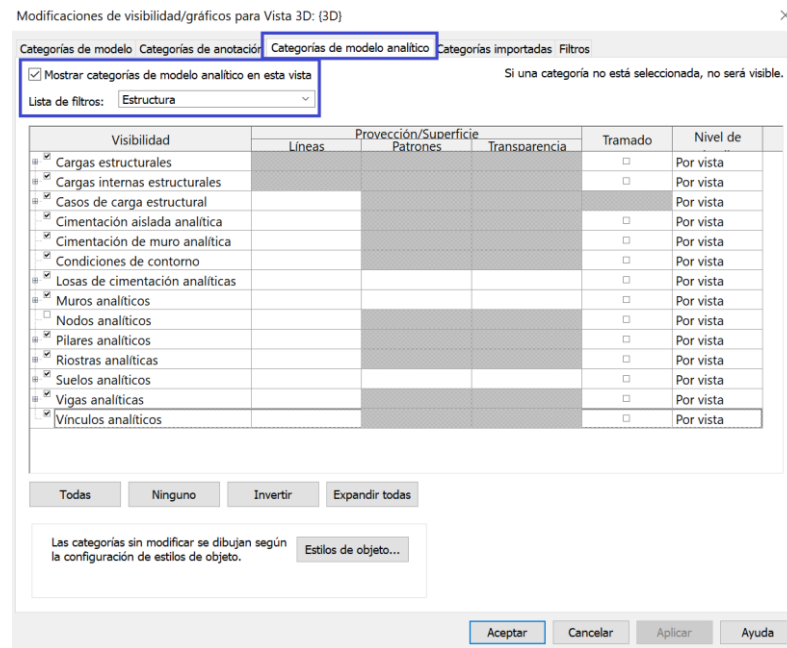


Figura 33: Activar el modelo analítico.

Una vez generado el modelo analítico se pueden definir casos de cargas, combinaciones de carga y aplicar cargas a nuestro modelo. Este modelo analítico posteriormente se ha pasar a softwares de cálculo en el cual solo se ha de calcular ya que han de leer toda la información que contiene el modelo. Pero hoy en día hay softwares de cálculo que no leen el modelo Revit. Si ocurre esto se tiene que generar un archivo IFC de nuestro modelo y pasarlo al software de cálculo, esto tiene el inconveniente de que al generar el archivo IFC solo se mantendrán las propiedades geométricas por lo tanto en el programa de análisis estructural hemos de introducir las propiedades del material, cargas, combinaciones...

Para editar un modelo analítico se tiene que seleccionar el modelo analítico y seleccionar ajuste analítico.

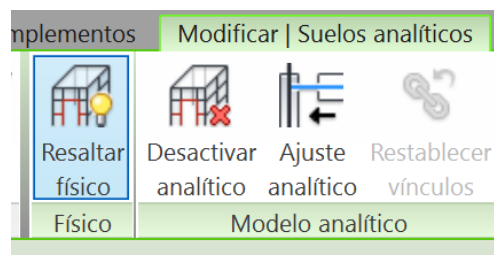


Figura 34: Herramienta para modificar modelo analítico.

- ¿Cómo introducimos cargas al modelo analítico?

Para introducir o analizar las cargas se tiene que ir a la función de análisis donde tendremos tres opciones: introducir cargar, casos de cargas y combinaciones de carga:

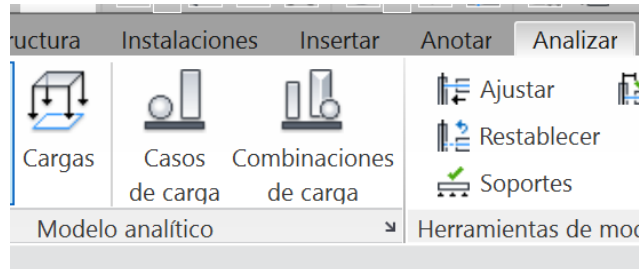


Figura 35: Introducción de cargas.

Seleccionando casos de carga se tiene que definir el nombre, naturaleza y la categoría, estas dos últimas solo son importantes definirlas si el software de análisis a utilizar es capaz de leer toda la información que contiene el modelo Revit, es decir, si el programa me lee el modelo Revit sin tener que generar un archivo IFC.

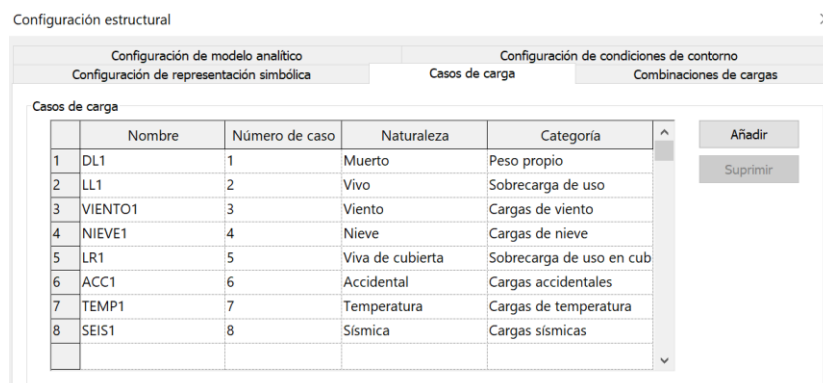


Figura 36: Casos de carga.

Por otro lado puede resultar útil definir las combinaciones de carga, aunque hay algunos softwares que nos hacen las combinaciones automáticamente. Una vez dentro de combinaciones de carga tenemos parámetros como fórmula, tipo que puede ser combinación o envolvente, estado que puede ser límite de servicio o límite último y por último el uso.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

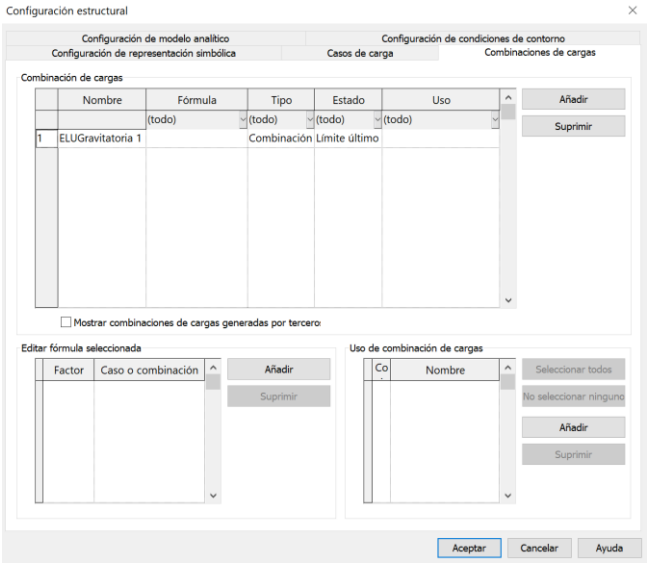


Figura 37: Combinaciones de carga.

Para determinar el uso primero se tiene que definir el uso de la combinación, esto se define en el apartado de uso de combinación de carga situado abajo a la derecha. El uso de la hipótesis solo tiene sentido si el software de análisis es capaz de entender este valor.

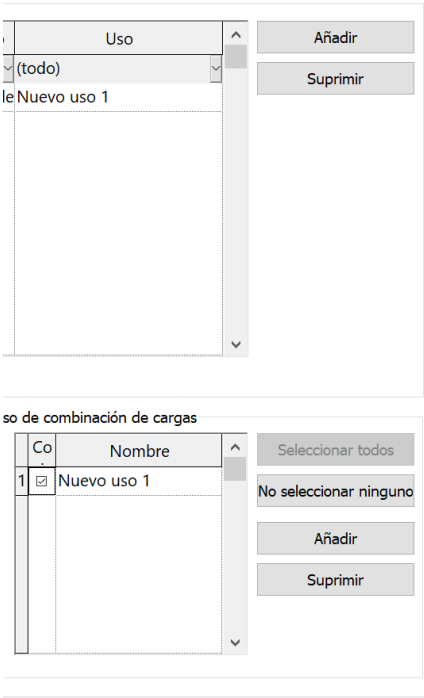


Figura 38: Determinación del uso de carga.

Y por otro lado en el apartado formula se pueden poner las combinaciones sueltas o elaborar una formula en el apartado de editar formula seleccionada

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

situada abajo a la izquierda, en este caso nos pedirá determinar el factor que multiplica a la carga.

Combinación de cargas

	Nombre	Fórmula	Tipo	Est:
		(todo)	▼ (todo)	▼ (todo)
1	Nueva c	1.35*DL1 + 1.5*LL1	Combinación	Límite

☐ Mostrar combinaciones de cargas generadas por tercero:

Editar fórmula seleccionada

	Factor	Caso o combinación
1	1.350000	DL1
2	1.500000	LL1

Añadir  
Suprimir

Figura 39: Introducción de la formula a considerar.

Una vez definidas las combinaciones de cargas y los casos de cargas ya podemos ir cargas para introducirlas. Revit nos da distintas opciones de introducir cargas: cargas puntuales, cargas lineales, carga superficial, carga puntual hospedada, carga lineal hospedada y carga superficial hospedada. Hospedada quiere decir que estas cargas tienen relación con un elemento físico, es decir, si introducimos cargas en una viga y al final se mueve la viga la carga se moverá también.

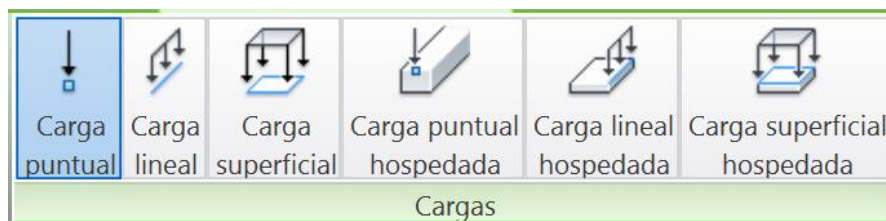


Figura 40: Diferentes tipos de carga a introducir.

- ¿Cómo definimos las condiciones de contorno en el modelo analítico?

Para definir las condiciones de contorno hemos de ir a la función analizar y dentro seleccionar condiciones de contorno, al seleccionar esta opción Revit nos permite hacer una condición de contorno puntual, lineal y de superficie.

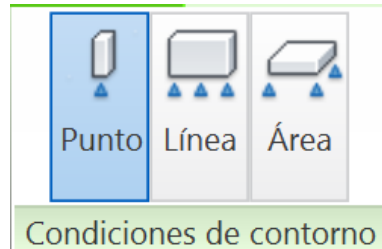


Figura 41: Diferentes condiciones de contorno.

Si escogemos la opción puntual hemos de definir en las propiedades si se trata de un punto fijo, articulado, articulado deslizante, opción del usuario donde se editara lo que queramos poner (por ejemplo un muelle).

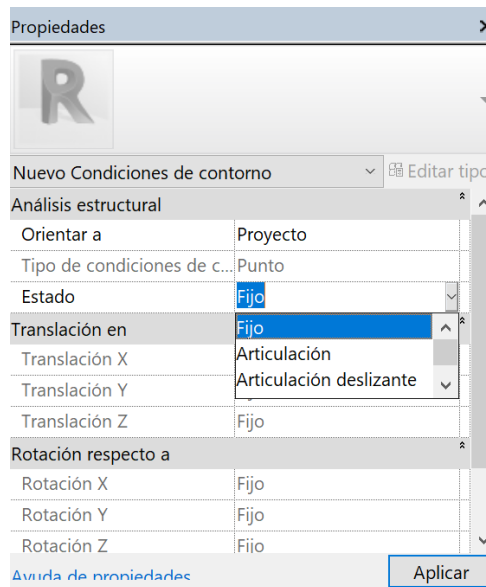


Figura 42: Propiedades de condiciones de contorno puntual



TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

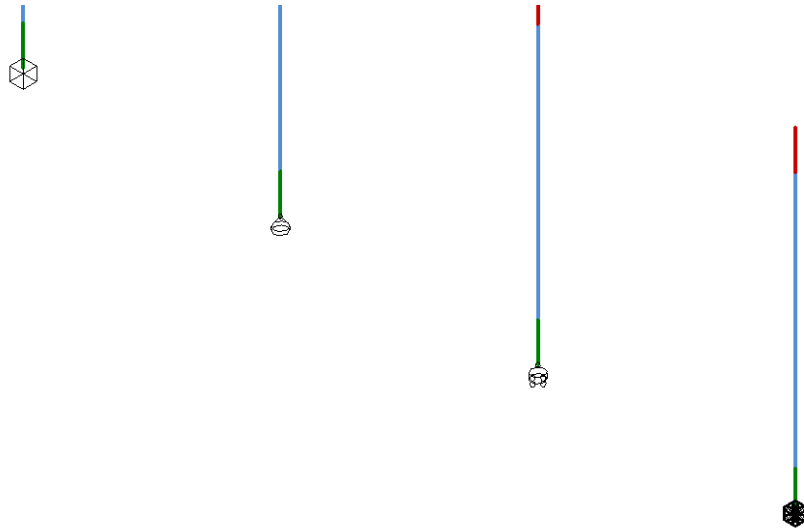


Figura 43: Ejemplo de las 4 formas de contorno puntual.

En el caso de escoger lineal tenemos la opción de poner fijo, articulado o editado por el usuario.

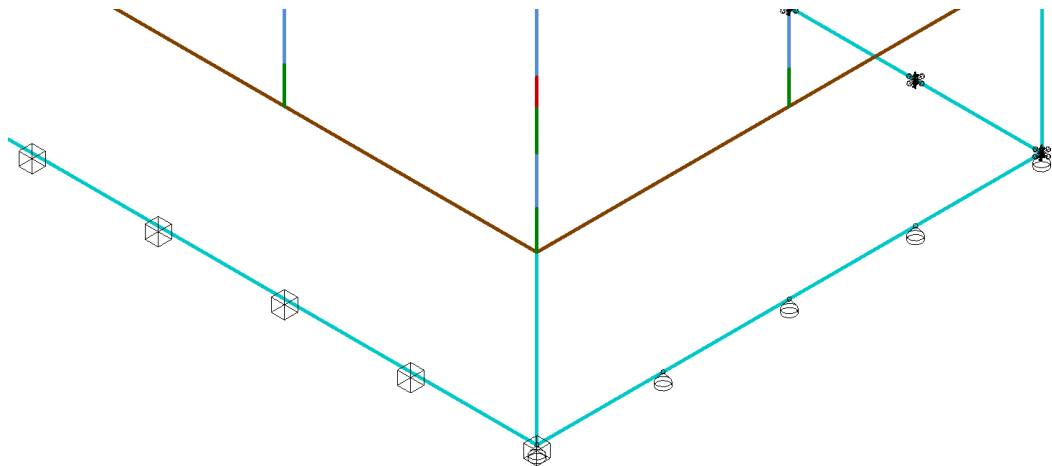


Figura 44: Ejemplo de las 3 formas de contorno lineal.

Por otro lado si damos a condiciones de contorno de área tenemos apoyos de articulación o el editado por el usuario.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

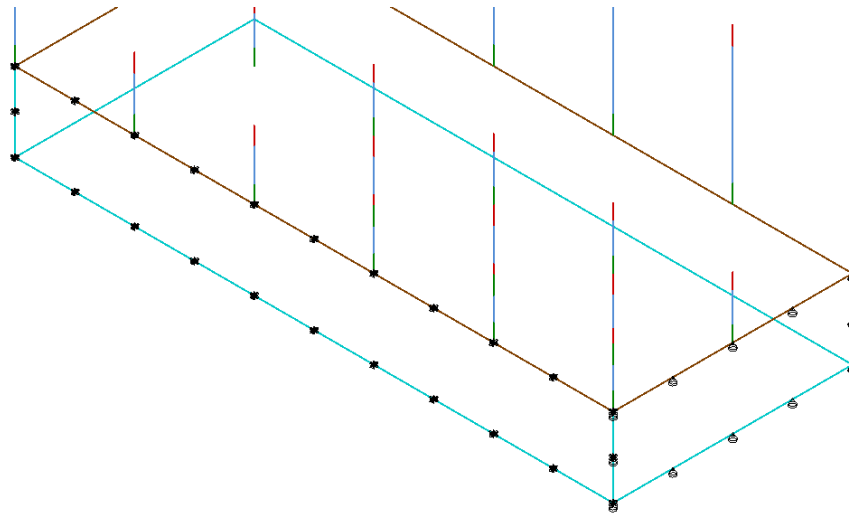


Figura 45: Ejemplo de contorno de área.

## 6.2 Coordinación entre ingeniería y arquitectura.

Como es coherente al tener un sistema en el cual la productividad es mejorable, se necesita un cambio. Este cambio lo da la metodología BIM en la cual como observamos en el siguiente grafico se ve como van entrando los diferentes agentes que forman parte de un proyecto en función de la fase en la que se encuentra el proyecto.

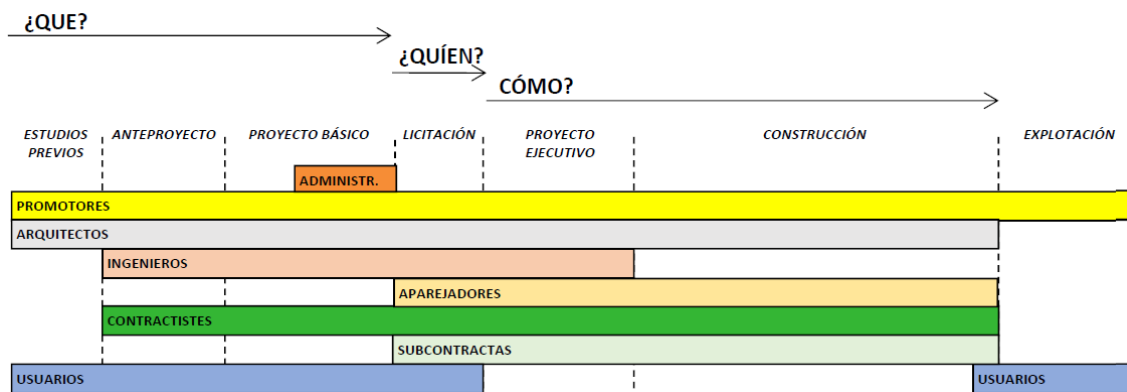


Figura 46: Coordinación con metodología BIM.

Por lo tanto vemos que en esta coordinación es todo más organizado y agentes que actualmente no entraban en la fase inicial, con esta metodología entran ya que se supone que tiene mucho que aportar al proyecto, es decir, en BIM todos los agentes intervienen en casi todo el ciclo de vida del proyecto por lo que permite que la toma de decisiones se tome de una forma consensuada.

Además la metodología BIM permite compartir la información de forma más ágil y eficiente por lo que facilita que múltiples agentes intervengan en la toma de decisiones en fases iniciales del proyecto.

Esto genera nuevos modelos de negocio ya que hay nuevas relaciones entre los agentes, las fronteras entre las funciones de cada agente desaparecen, por lo tanto hay muchos servicios nuevos a realizar lo que genera un movimiento económico e innovación.

Esta nueva coordinación con la metodología BIM nos plantea una coordinación en la cual se crea un modelo tridimensional al cual se le van añadiendo los distintos modelos de las diferentes ramas de un proyecto, como por ejemplo el modelo de estructuras o el modelo de instalaciones.

#### 6.2.1 ¿Qué es un BIM Manager?

Dado que la metodología BIM se base en compartir bases de datos basadas en un modelo geométrico se hace necesario establecer protocolos de como gestionar la información y su intercambio. Por ellos aparece un nuevo rol en la gestión de un proyecto que es el BIM Manager.

BIM Manager será el encargado de coordinar, administrar la metodología BIM en todo el proyecto a realizar. Las principales funciones de este rol son:

- Implantar todos los recursos necesarios para el proyecto BIM.
- Definición de los estándares y revisar su cumplimiento.
- Coordinar a todo el equipo de trabajo BIM.
- Elaboración de un plan de distribución de la información y a quien se distribuye esta información.
- Ha de tener un control de los cambios que se realicen, es decir, una retroalimentación entre todos los agentes que intervengan en el proyecto.
- Cerrar el modelo con todos los requerimientos que se le han solicitado.

#### 6.2.2 Compartir modelos BIM:

- Mismo software:

Este método es utilizado cuando tenemos la certeza que la persona que recibirá nuestro modelo utilizara el mismo software, para realizar las operaciones convenientes, que nosotros hemos utilizado para diseñar el modelo. Es importante tener esta certeza ya que si no se tiene el mismo software el modelo puede perder información o incluso no llegar a leerse, como por ejemplo si se envía un modelo Revit para hacer un análisis estructural hemos de tener la certeza de que el software a utilizar, por la persona receptora del modelo, será capaz de leer el modelo de Revit.

El modelo será enviado regularmente a los distintos agentes que intervienen en un proyecto.

- Vía IFC:

Estas siglas provienen del inglés y significan “Industry Foundation Clas”. Es el formato más utilizado a la hora de compartir archivos de la metodología BIM ya que es un formato de intercambio de datos abierto. Estos archivos IFC se clasifican como archivos de imagen 3D ya que nos guardara las propiedades geométricas del modelo. Además se tiene la certeza que este formato es compatible con todos los software que utilizan la metodología BIM.

El modelo será enviado regularmente a los distintos agentes que intervienen en un proyecto.

Una de las principales ventajas del formato IFC es la posibilidad de poder colaborar entre los agentes involucrados en un proyecto.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON  
METODLOGIA BIM.



Figura 47: Exportación a archivo IFC.

- Vía la nube:

Otra opción útil sería utilizar la nube para poder subir a ella el modelo diseñado, a esta nube tendrían acceso cualquier agente que esté integrado en el proyecto, por lo tanto tiene un acceso permanente al modelo, el cual estará siempre actualizado. Por otro lado facilita los trabajos de colaboración ya que al estar el proyecto subido a la nube se podrá acceder desde cualquier parte en la cual se tenga acceso a una red.

Por otra parte todo archivo subido a la nube requiere de una ciertas exigencias como de durabilidad, disponibilidad y seguridad, es decir, los archivos han de estar de forma redundante ya que si no falla un archivo podemos tener otro, también han de estar disponibles siempre que lo necesitemos y por ultimo deben estar cifrados por temas de seguridad.

Cabe destacar que los archivos que serán compartidos vía la nube serán nativos, es decir se compartirá con el mismo software, o vía IFC. Por lo tanto, esta opción será una opción de enviar el modelo pero que al estar en la nube estará siempre disponible y actualizado.

## TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

### 6.2.3 Detección y comunicación de incidencias:

- **Navisworks:**

Esta herramienta es de revisión de proyectos que nos permite unir distintos modelos en distintos formatos en un único modelo y formato (.nwd).

Al crear un único modelo se pueden realizar comprobaciones de interferencias del modelo ya que se nos permite ver la globalidad del proyecto. Este software cuenta con la herramienta TimeLiner que nos permitirá crear una planificación de obra y permite obtener con la herramienta quantity take off una medición.

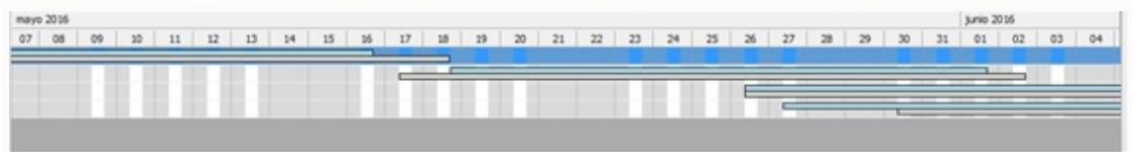


Figura 48: TimeLiner de Navisworks.

- **Clash Detection:**

Es una herramienta del software Navisworks el cual permite detectar las incidencias del modelo ya que se tiene un único modelo globalizado. Por lo tanto es una herramienta que nos permite reducir los errores que se cometen, por lo tanto eso me implica un aumento de la productividad ya que si podemos detectar los errores antes de la fase de ejecución se podrán corregir con mayor facilidad.

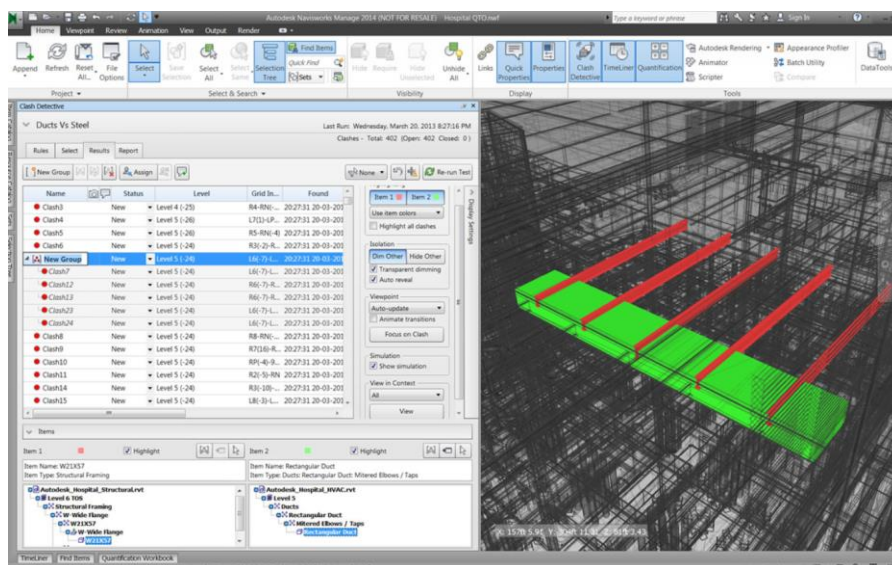


Figura 49: Detección de errores con Clash Detection.

## TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

- Vía BCF:

El formato BCF permite la comunicación de incidencias. Donde se localizan las incidencias en el modelo se crea una diapositiva que va acompañada de un comentario que indica el tipo de corrección que se tiene q realizar, los elementos que forman parte de la incidencia y la especialidad afectada, por ejemplo estructuras.

La comunicación de incidencias es aceptada por los programas principales de la metodología BIM como ArchiCAD, Revit, Navisworks, etc...

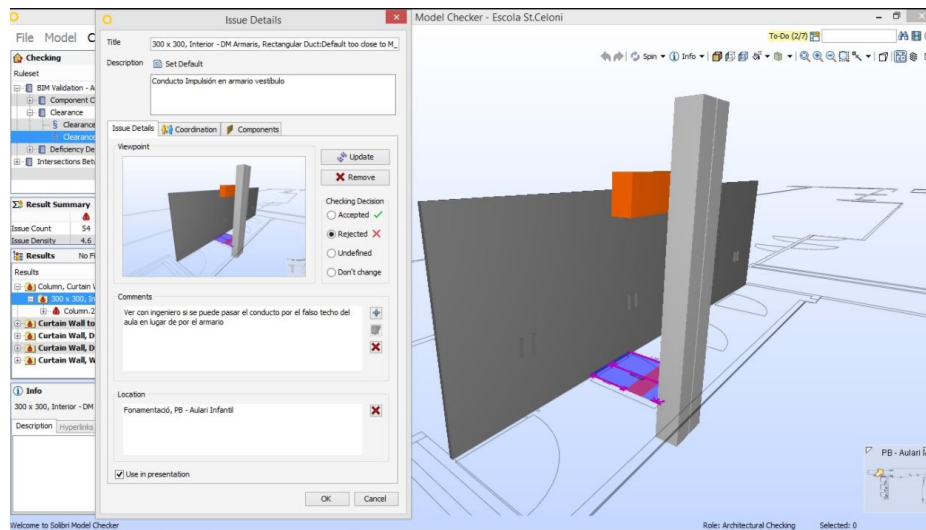
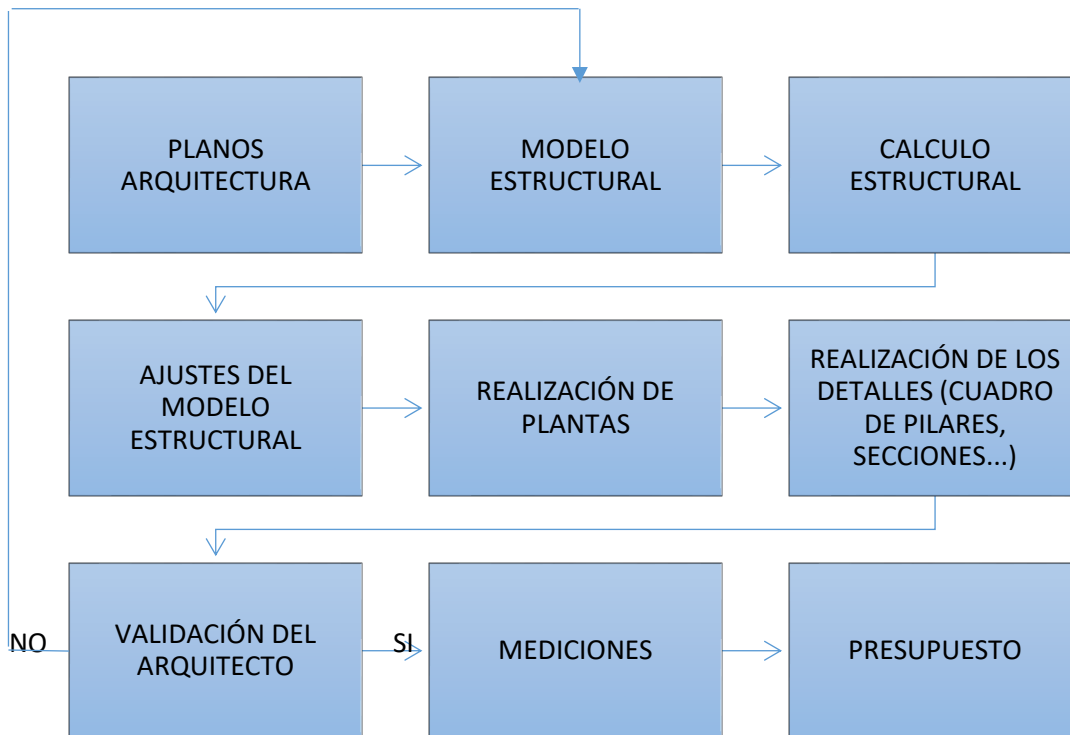


Figura 50: Comunicación de incidencias BCF.

## 7. PROPUESTA DE WORKFLOW CON EL SOFTWARE REVIT.

Actualmente el flujo de trabajo de un proyecto se basa en el siguiente esquema:



Como vemos en el esquema anterior partimos de un modelo de arquitectura, el cual un arquitecto envía al ingeniero de estructuras el cual a partir de este modelo ha de empezar un modelo estructural desde cero. A partir del modelo estructural se han de realizar los cálculos pertinentes con el software de análisis deseado y se ajustaran los errores al modelo estructural, una vez ya realizados todos los cambios en el modelo se pueden empezar a realizar las plantas y los detalles como serían los cuadros de pilares, detalles de sección, etc. Una vez realizado todo este proceso se envía al arquitecto encargado del proyecto el cual ha de validar lo realizado anteriormente, en caso de que la validación sea favorable se empiezan a realizar las mediciones y el presupuesto, en caso de que la valoración sea desfavorable tendríamos que volver al apartado de modelo estructural y repetir todo el proceso otra vez hasta que el arquitecto de una valoración favorable.

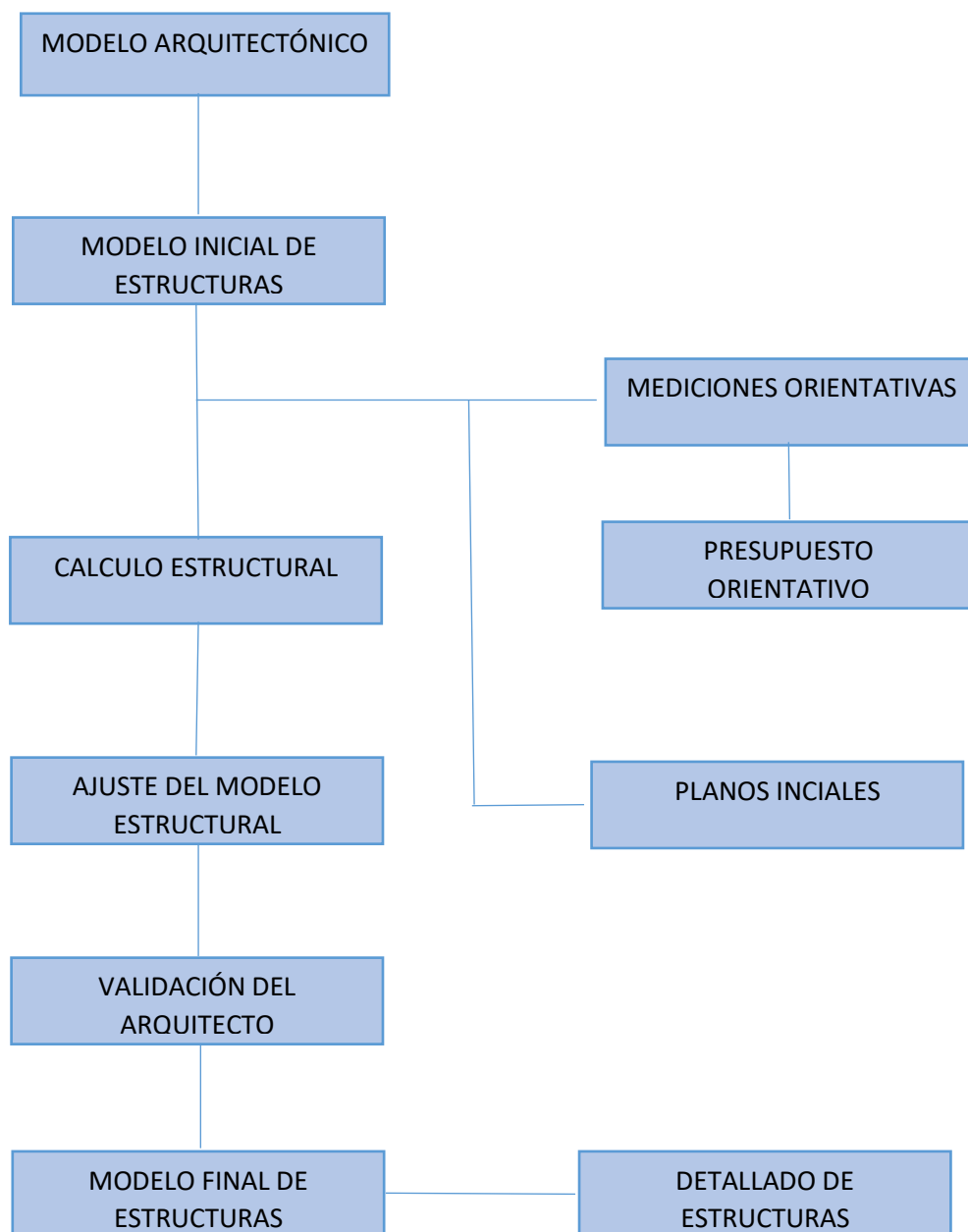
Como se puede apreciar esta no es una metodología optima ya que hemos de ir secuencialmente elaborando cada parte del proyecto, además el arquitecto ha de validar el proyecto después de tener bastante trabajo realizado y en caso de que la



valoración sea desfavorable se tendría que empezar prácticamente des de cero, por lo tanto son acciones sin valor añadido.

A partir de esta metodología que no se considera lo suficientemente óptima surge la metodología BIM que revoluciona por su optimización en la metodología al no ser un proceso secuencial sino más bien es un proceso en el cual se pueden ir realizando acciones en paralelo.

A continuación se realizara el esquema y la explicación correspondiente de la propuesta que se ha elaborado y se ha ejemplificado en el caso práctico.



Partimos de unos planos de arquitectura los cuales el arquitecto ha de decidir en qué software realizarlos. Para enviar el modelo arquitectónico si es un proyecto grande será difícil compartir la información vía e-mail porque el archivo generalmente es demasiado grande, por lo tanto a la hora de compartir el modelo arquitectónico se puede realizar mediante la nube, subiendo el archivo y permitiendo el acceso a la persona que lo ha de recibir.

Si los planos arquitectónicos están elaborados en Revit, abrimos un nuevo proyecto estructural en Revit y vinculamos el modelo arquitectónico y a partir de este copiaremos los elementos estructurales directamente con la herramienta copiar/supervisar, pero se tiene que tener cuidado con que todos los elementos estructurales estén modelados como tal y en caso de que no lo estén han de ser incluidos en la realización de la copia. Si los planos están elaborados en AutoCAD se han de insertar en Revit y a partir de estos elaborar el modelo arquitectónico con Revit, y una vez realizado el modelo arquitectónico podemos realizar el modelo estructural de la misma forma como si el modelo arquitectónico estuviera en Revit.

Una vez realizado el modelo estructural podemos elaborar en paralelo diferentes acciones como el cálculo estructural, empezar a realizar mediciones y elaboración de los planos iniciales.

Para la realización de cálculo estructural se ha escogido el software CypeCAD, el cual se puede trabajar mediante los ordenadores instalados en la universidad, se ha escogido este software para poder poner en práctica lo mencionado anteriormente y trabajar con los archivos IFC, ya que este software no reconoce un archivo Revit (.rvt) sino que hemos de pasar el modelo a archivo IFC y así nos perdemos información importante de nuestro modelo que ha sido añadida. Además es un software muy práctico, gráfico y sencillo de utilizar. Una vez realizado el análisis este software nos dirá los elementos a corregir, los cuales se han de corregir en el modelo estructural y pasarlo de nuevo por el software CypeCAD para que nos vuelva a analizar el modelo, si todo está correcto pasaremos a la siguiente fase la validación del arquitecto, pero en paralelo se pueden ir realizando unos planos iniciales ya que como se generan en Revit al modificar el modelo estructural los planos también se me modificaran.

Por otra parte otro agente puede ir realizando las mediciones del proyecto debido a que ya dispone de la información necesaria para elaborar unas tablas de cantidades mediante el software Revit.

Además también podemos ir llevando a cabo en paralelo a las dos mencionadas anteriormente unos primero planos iniciales que se nos irán modificando automáticamente si modificamos nuestro proyecto en Revit, con lo cual no estaríamos realizando acciones sin valor añadido.

Una vez realizadas estas tres acciones anteriormente comentadas procedemos a enviar al arquitecto nuestro modelo el cual lo ha de validar si todo encaja con su modelo arquitectónico, el cual si lo tiene en Revit la supervisión de que todo encaje se realizaría mucho más fácil.

En caso de que el arquitecto no nos valide el proyecto estructural tendríamos que volver a la fase de modelo inicial de estructuras pero como ya tenemos modelo un proyecto a este le realizamos los cambios, entonces al realizarse esos cambios automáticamente se nos realizaran los cambios en las tablas de cantidades que se elaboran para las mediciones y en los planos, con lo cual lo único que tendríamos que volver a hacer es pasar el modelo por el software CypeCAD y en caso de que nos de errores corregirlos.

Cuando el arquitecto nos termine validando nuestro proyecto estructural podemos pasar a la realización del detallado de las estructuras.

## 8. CASO PRÁCTICO.

Para la realización del caso práctico, en el cual ponemos a prueba el workflow propuesto en el apartado número 6, partimos de un proyecto arquitectónico diseñado en el software AutoCAD.

Este proyecto se trata de una vivienda de 2 plantas en un terreno de 285 m<sup>2</sup> de área, con 10 metros de ancho y 28,50 metros de profundidad.

La distribución de la vivienda es la siguiente:

- Planta baja: en la planta baja de la vivienda tenemos la cocina, el comedor, un baño para visitantes, un salón principal y sala de ocio. Además cuenta con una zona exterior la cual dispone de un baño.
- Planta alta: en la planta alta tenemos 3 dormitorios dobles todos ellos con baño propio, pero uno de ellos estilo suite. Además también consta de un recibidor al subir la escalera.

Para llegar a nuestro modelo final se han de pasar por diferentes fases:

1. Realizar modelo arquitectónico mediante el software Revit.
2. Realizar el modelo estructural mediante el software Revit.
3. Exportar el modelo a formato IFC.
4. Introducir el archivo IFC en CypeCAD.
5. Corregir los errores que nos ha detectado CypeCAD.
6. Coordinar el modelo final con el modelo arquitectónico.
7. Realizar mediciones y presupuesto
8. Realizar el detallado.

Cabe destacar que algunos puntos se pueden llevar a cabo en paralelo.

## 8.1 Modelo Arquitectónico.

Como ya se ha comentado anteriormente partimos de un proyecto realizado mediante el software AutoCAD.



Figura 51: Planos AutoCAD de partida.

El software Revit nos permite insertar los planos .dwg en Revit para a partir de este poder crear nuestro modelo Revit. Para insertar los planos es necesario tener un archivo para cada planta y tomar un punto de referencia para que a la hora de insertarlos quede uno encima de otro.

Una vez ya tenemos los planos de AutoCAD (.dwg) insertados en Revit consiste en dibujar encima con Revit hasta llegar a conseguir el modelo deseado.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.



Figura 52: Vista Frontal del modelo arquitectónico en Revit.

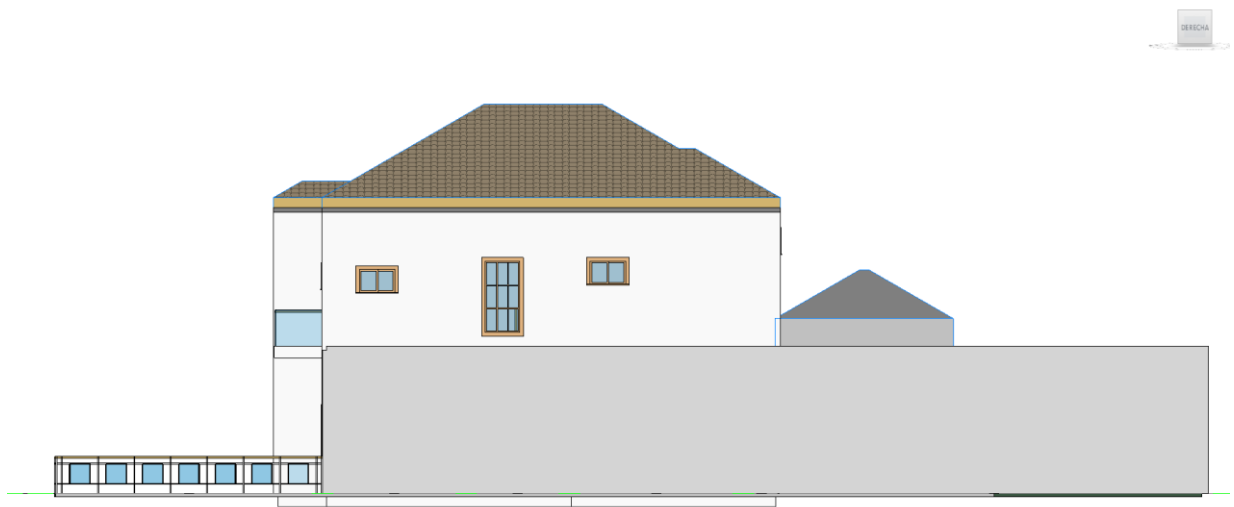
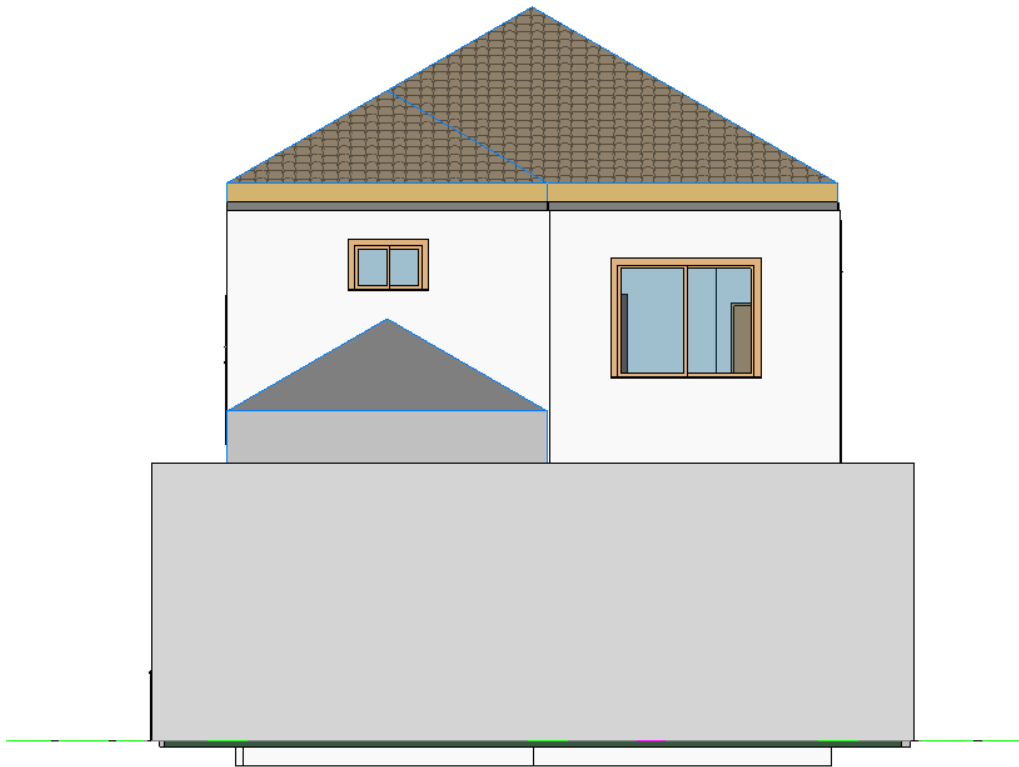
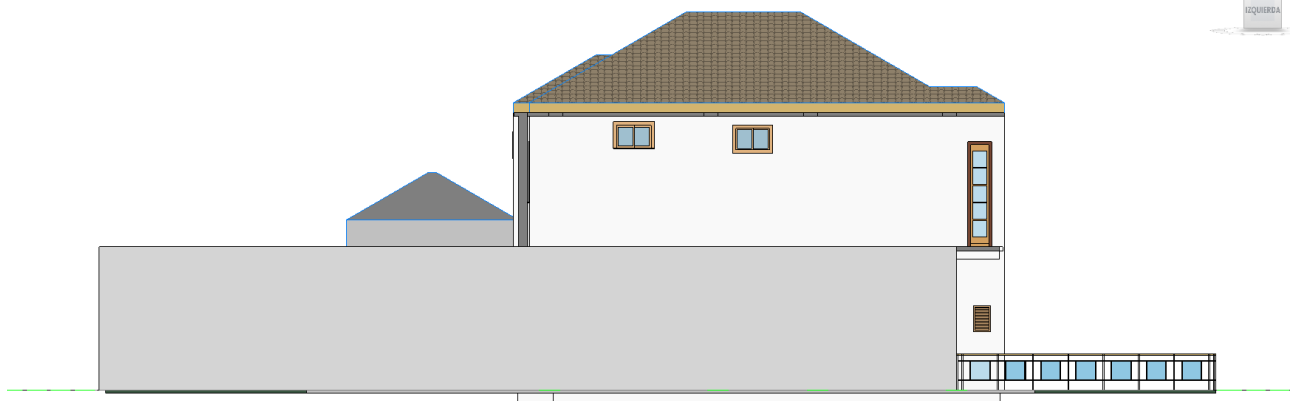


Figura 53: Vista lateral Derecho.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.



*Figura 54: Vista trasera.*



*Figura 55: Vista lateral izquierda.*

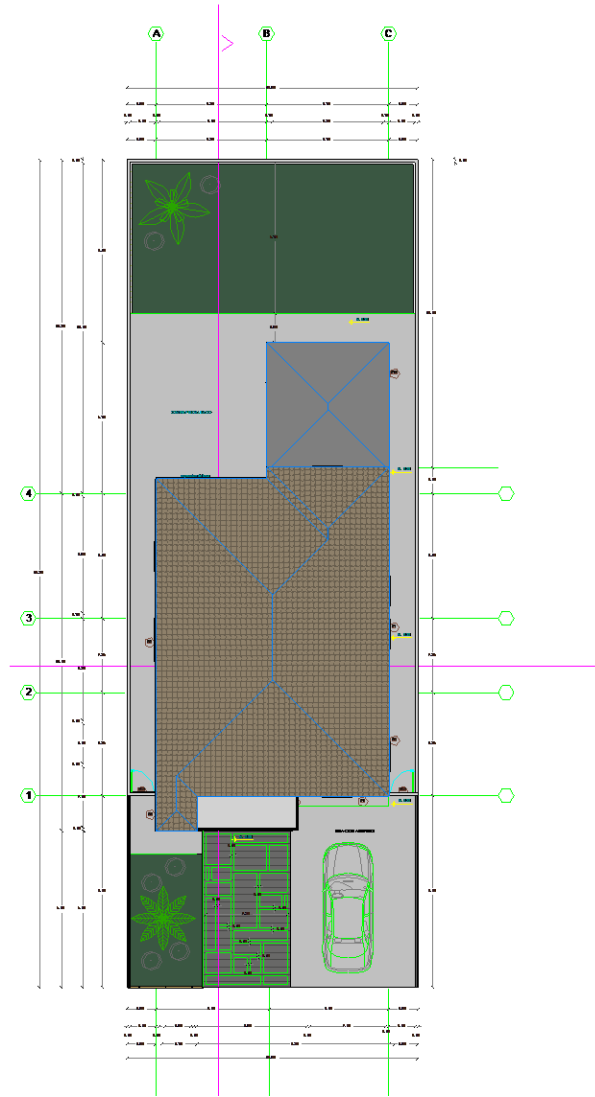


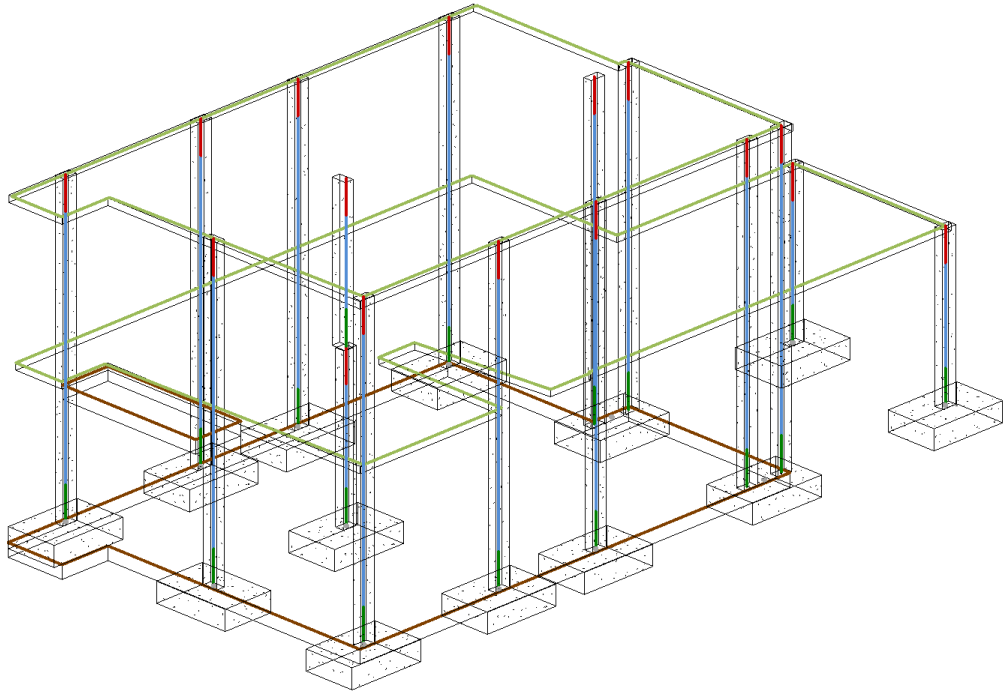
Figura 56: Vista superior donde podemos ver los planos AutoCAD insertados.

## 8.2 Modelo Estructural.

Una vez obtenido el modelo arquitectónico en Revit, abriendo un nuevo proyecto con plantilla estructural podemos vincular el Revit arquitectónico a partir del cual podemos copiar los elementos estructurales a partir de la opción copiar/supervisar, ubicada en la pestaña de colaborar, y así evitamos tener que dibujar nuevamente todos los elementos estructurales que contiene el proyecto, ya que en Revit podemos además filtrar la copia que estamos realizando a solo copiar los elementos estructurales como podrían ser: pilares, zapatas...

A continuación adjuntamos una serie de capturas pantallas realizadas del modelo estructural elaborado a partir del modelo arquitectónico visto anteriormente.





*Figura 57: Modelo estructural a partir del modelo arquitectónico.*

En la anterior imagen vemos que el modelo estructural se compone de: pilares y losas que han sido copiados directamente del modelo arquitectónico.

A partir de este modelo estructural elaborado lo hemos de introducir en softwares de análisis estructural. Para la realización de este trabajo, y como veremos más adelante, se ha escogido el software CypeCAD, el cual está disponible en la universidad. Pero para introducir nuestro modelo estructural en el software escogido es necesario exportar nuestro modelo estructural a un formato IFC, esta conversión se realiza directamente des de Revit.

### 8.3 CypeCAD: Software de análisis estructural.

Como hemos comentado anteriormente para introducir el modelo estructural en CypeCAD es necesario insertarlo como un archivo IFC. Por lo tanto primero se ha de realizar esta conversión, la cual se puede hacer des del mismo software Revit. Una vez elaborada la conversión ya podemos insertar el archivo IFC en CypeCAD y empezar el análisis estructural.

A continuación se detallara el proceso seguido en CypeCAD para la elaboración del análisis estructural. Como podemos ver en la siguiente imagen tenemos el archivo IFC insertado en el software CypeCAD, el cual se inserta de la siguiente manera: primero de todo hemos de abrir un nuevo proyecto en el cual nos pregunta si vamos a introducir un modelo BIM, pero para seleccionar esta opción es necesario estar registrado en una página de BIM, como en mi caso no lo estoy he seleccionado que no. A continuación se abre una ventana donde has de decir el tipo de archivo que vas a insertar ya sea un .DWG, IFC... en mi caso he seleccionado un IFC, ya que he convertido el modelo estructural de Revit en IFC, una vez esto se abre una ventana para seleccionar el archivo IFC deseado.

A continuación adjunto una imagen de como se refleja el archivo IFC insertado en el software:

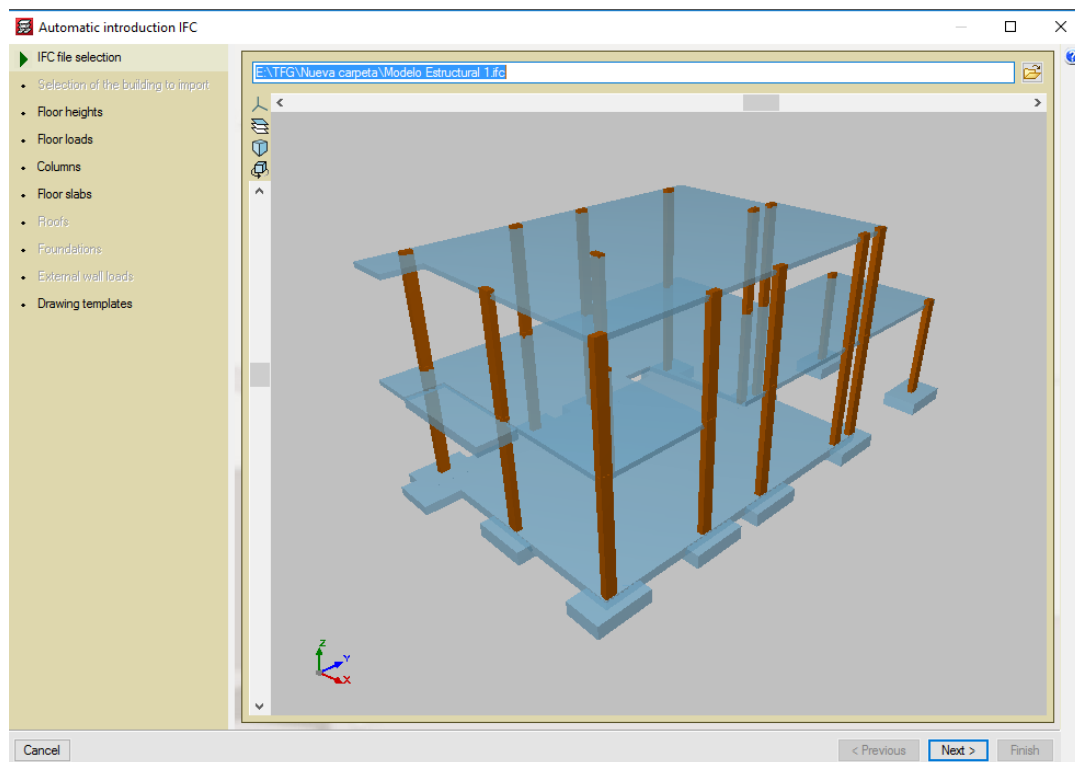


Figura 58: IFC insertado en CypeCAD.

Una vez insertado el archivo IFC se ve reflejado, como en la imagen de arriba, pasamos a introducir datos del proyecto.

Si damos a la pestaña siguiente nos pedirá que insertemos la altura de cada planta, en el caso de que no se contenga esta información en el archivo, pero como mi archivo ya

## TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

contenía esa información no ha sido necesario añadir esta información ya que ha aparecido de forma automática.

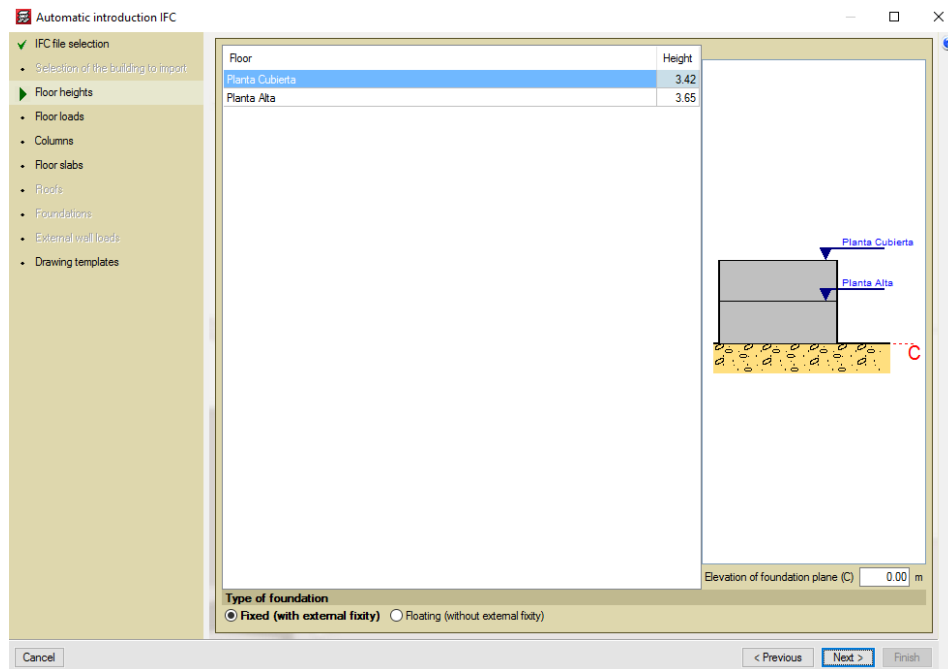


Figura 59: Altura de plantas del archivo IFC.

Si seguimos dando a la pestaña de siguiente, esta vez pasaremos a las cargas del suelo de cada planta, que por defecto sale 1,96 kN/m<sup>2</sup>, el cual lo dejamos como esta.

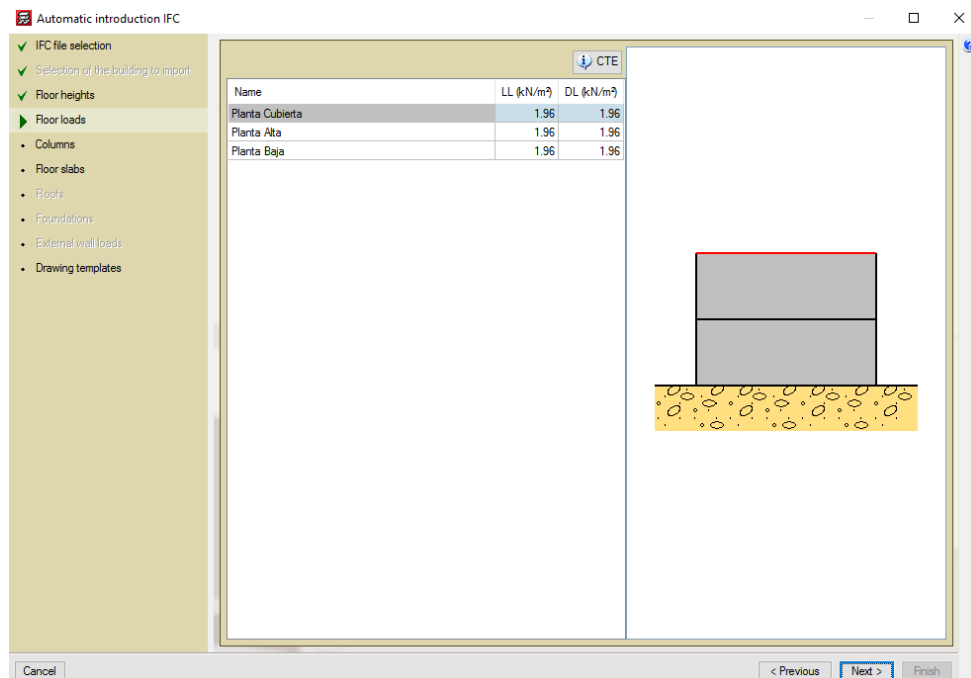


Figura 60: Cargas del suelo.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

Continuando el proceso y dando en la pestaña siguiente, pasamos a la ventana de pilares donde nos refleja en color rojo todos los elementos a analizar en esta pestaña y además dará la información del pilar que ha sido añadida en el modelo estructural en mi caso al tratarse todos pilares de hormigón modelado in situ solo nos aparece un tipo de pilar, pero en el caso de tener más tipos aparecerían.

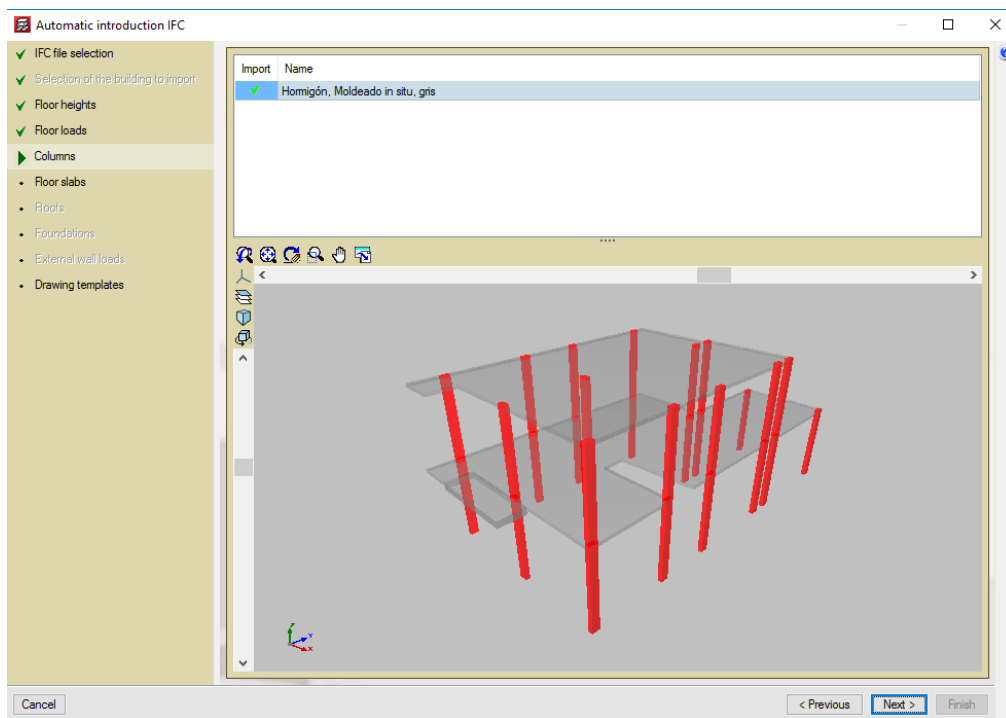


Figura 61: Columnas del archivo IFC.

El siguiente parámetro a analizar serán las losas, donde también aparece la información que ha sido añadida en el modelo estructural, en mi caso son suelos genéricos de 300mm de espesor, esta información está reflejada en la siguiente pestaña como vemos en la siguiente imagen:

## TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

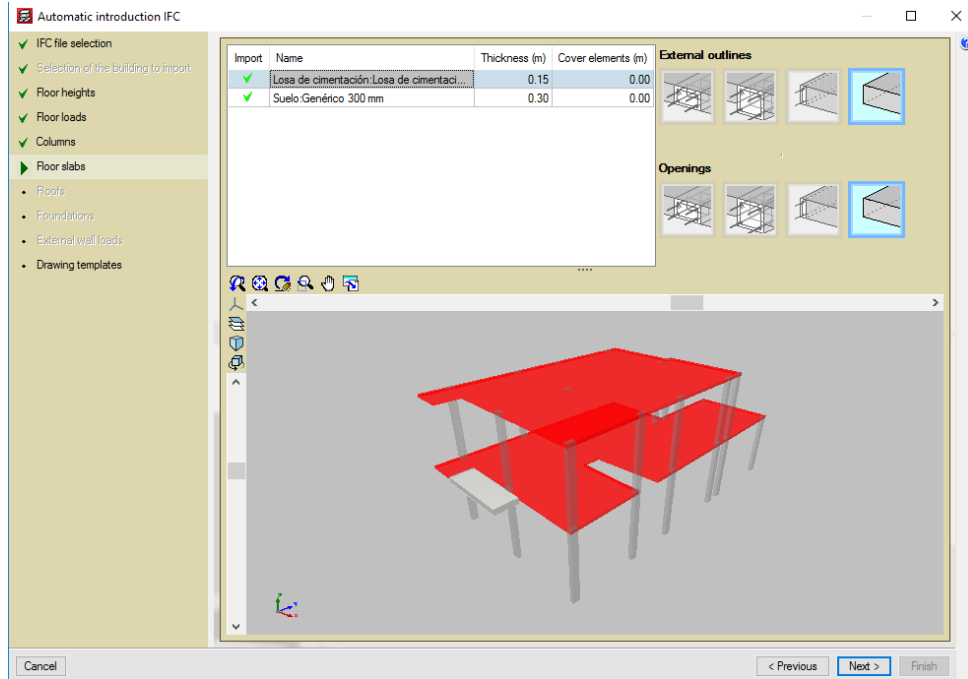


Figura 62: Losas del archivo IFC.

A continuación pasamos a decidir las propiedades de los materiales a utilizar como serian hormigo y acero, además también podemos añadir cargas debidas al viento o sismos, en mi caso no se han tenido en cuenta estos factores para facilitar el cálculo.

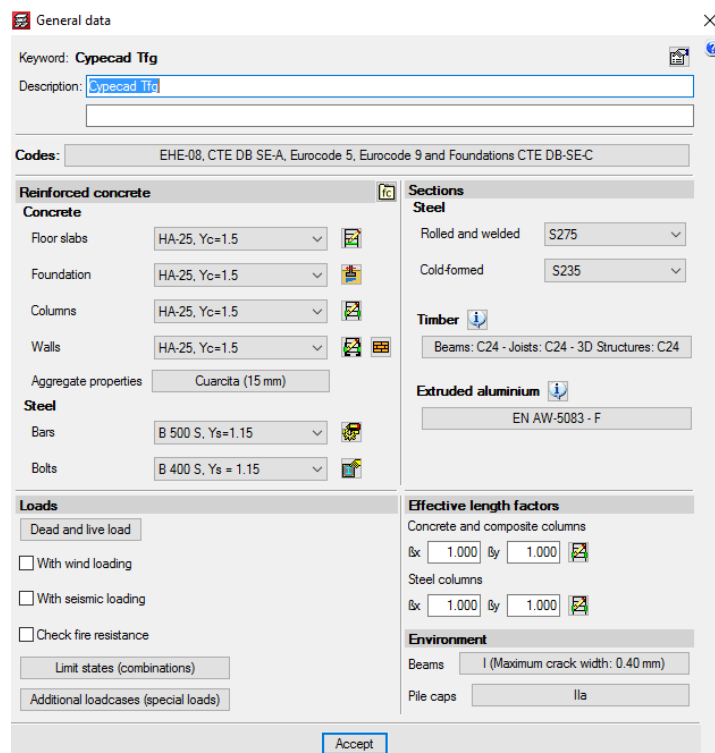


Figura 63: Elección de los materiales.

Al dar aceptar nos aparecerá una ventana donde nos indica las normativas que se emplearan para el cálculo de la estructura.

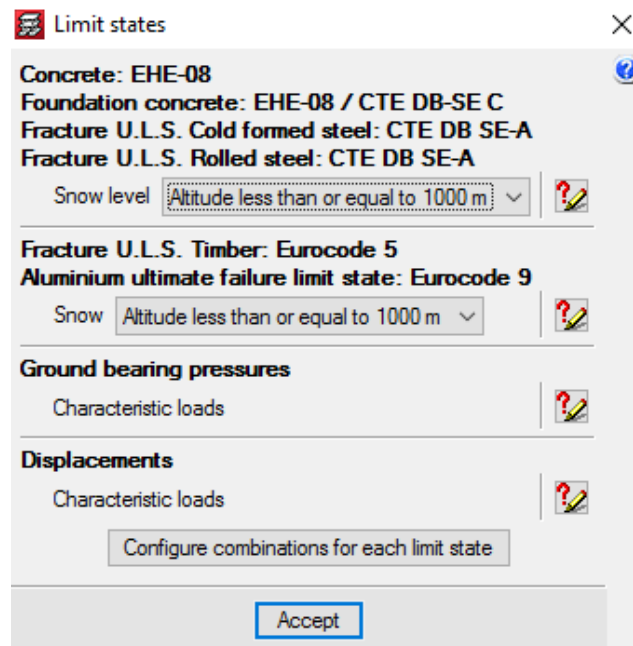


Figura 64: Normativas a utilizar en el cálculo.

Al finalizar estos procesos en el cual se ha de introducir los datos pasamos a realizar el análisis, para realizar este análisis primero es necesario determinar el peso propio de la estructura y las cargas muertas, que como especifica el código técnico de edificación, al ser una vivienda será  $2 \text{ KN/m}^2$  en ambos casos. Una vez definidos los parámetros anteriormente mencionados, hemos de pasar a definir el tipo de cimentación que tenemos, en nuestro caso la planta baja tiene solera lo cual no lo contamos como cimentación estructural, pero la planta alta y la planta cubierta disponen de una cimentación tipo losa.

Una vez introducido estos parámetros se realiza el cálculo el cual en un primer intento nos daba errores en las dimensiones del pilar y en el ancho de la losas los cuales eran  $200 \times 350 \text{ mm}$  y un ancho de losa de  $15 \text{ m}$  respectivamente, estos errores nos han dado debido a que el plano inicial cumple normativa de Ecuador. Posteriormente se han modificado estos parámetros para que este dentro de la normativa de España a: los pilares tienen dimensiones de  $250 \times 350 \text{ mm}$  y las losas un ancho de  $30 \text{ m}$ . Además las medidas de las zapatas estaban mal elaboradas y se han actualizado en el modelo con las medidas dadas por el software CypeCAD.



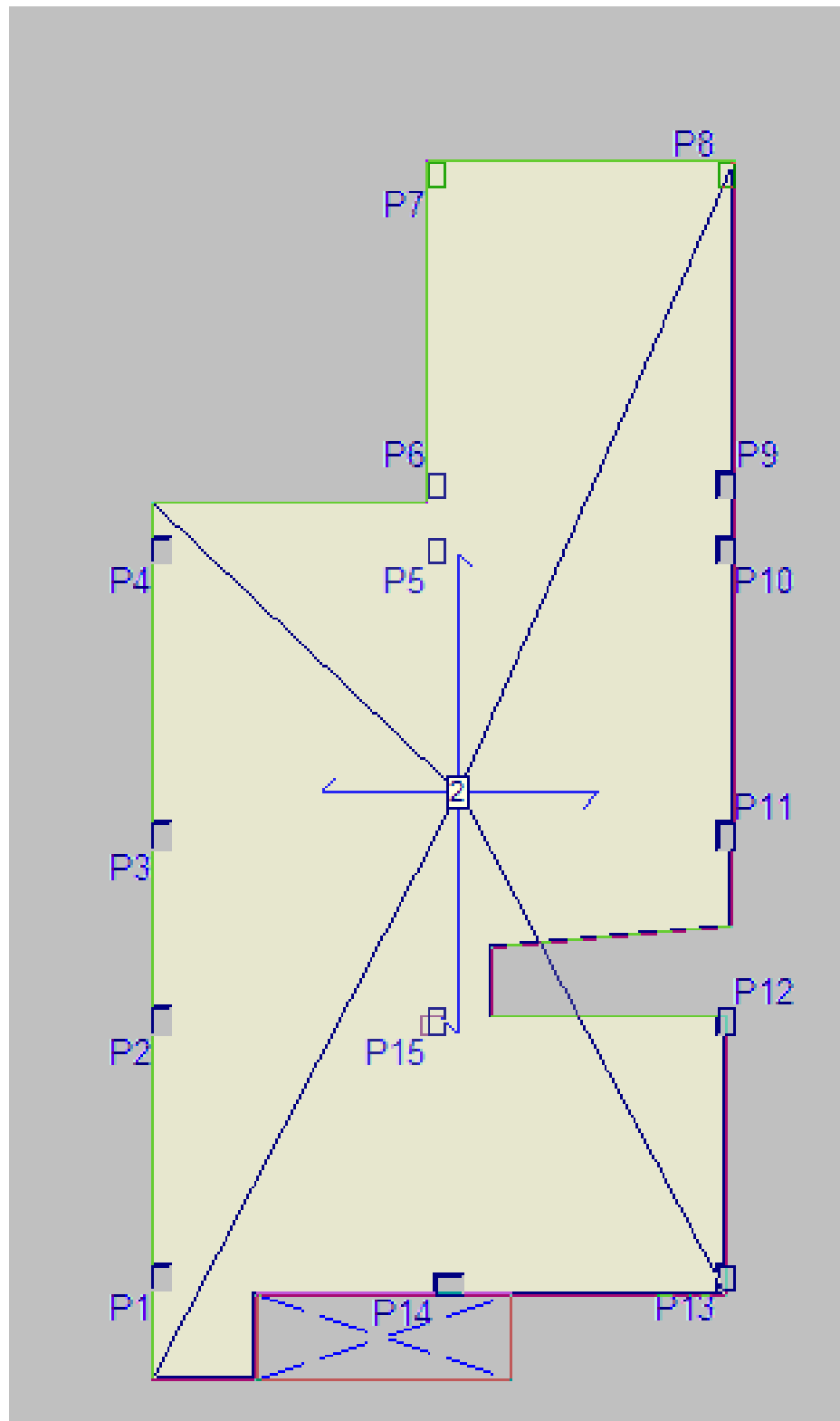
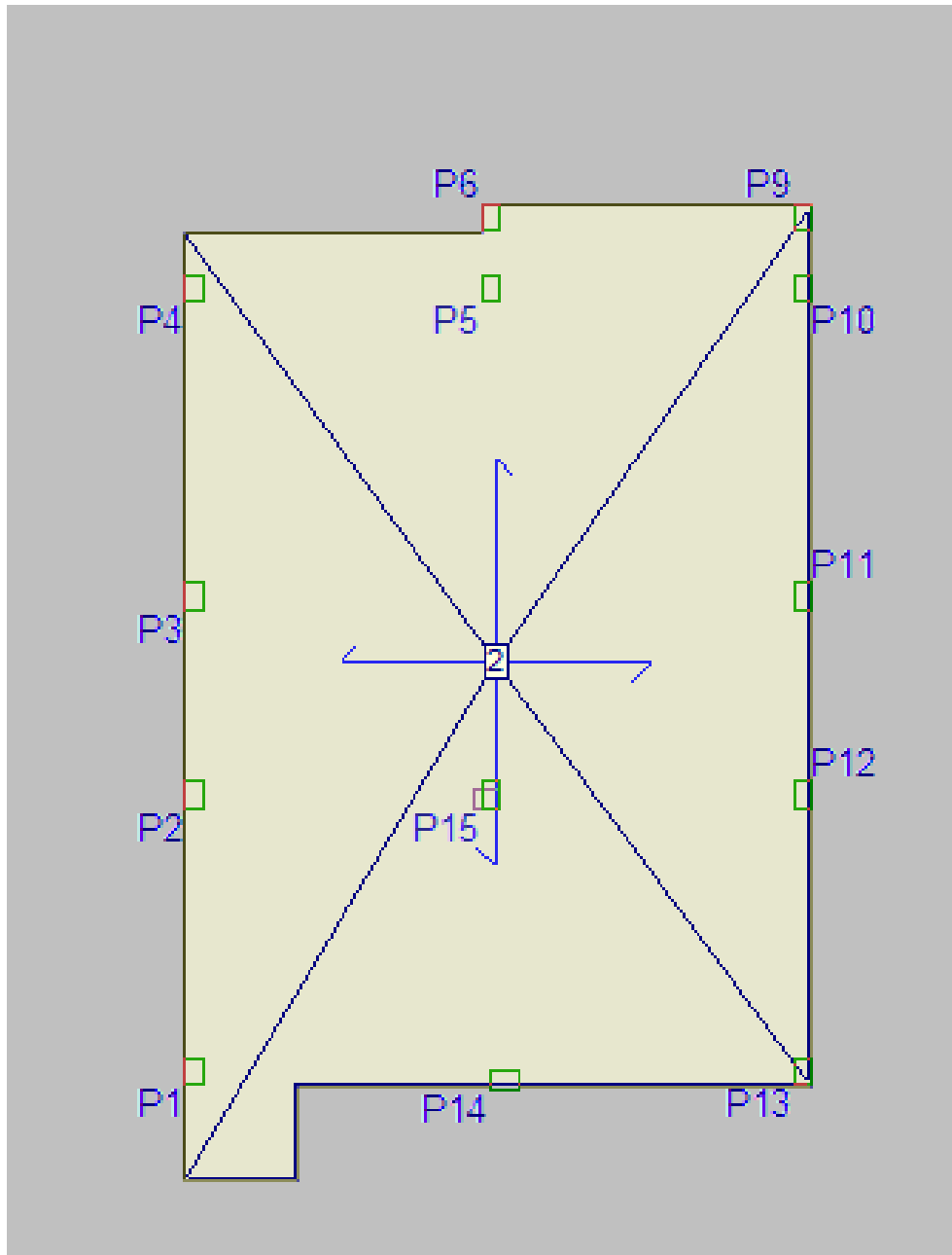


Figura 66: Planta alta con carga añadida y losa definida.





*Figura 67: Planta cubierta con carga añadida y losa definida.*

A partir de aquí ya podemos realizar el cálculo de la estructura a través de las normativas que hemos especificado antes. Una vez realizado el análisis se nos abrirá una ventana con los elementos a modificar porque no cumplen normativa, se modifican estos elementos y se vuelve a realizar el análisis, si todo está correcto yendo a la ventana resultados nos dará un plano de planta de cada una de las plantas de la vivienda con la armadura pasiva necesaria.

Structural drawing of a reinforced concrete slab (P5) showing reinforcement layout. The slab is rectangular with a central square area. Reinforcement is provided with 4Ø12 bars. The drawing includes labels for reinforcement bars (P1 to P15) and their respective dimensions (e.g., 4Ø12(30+22+42)).

74

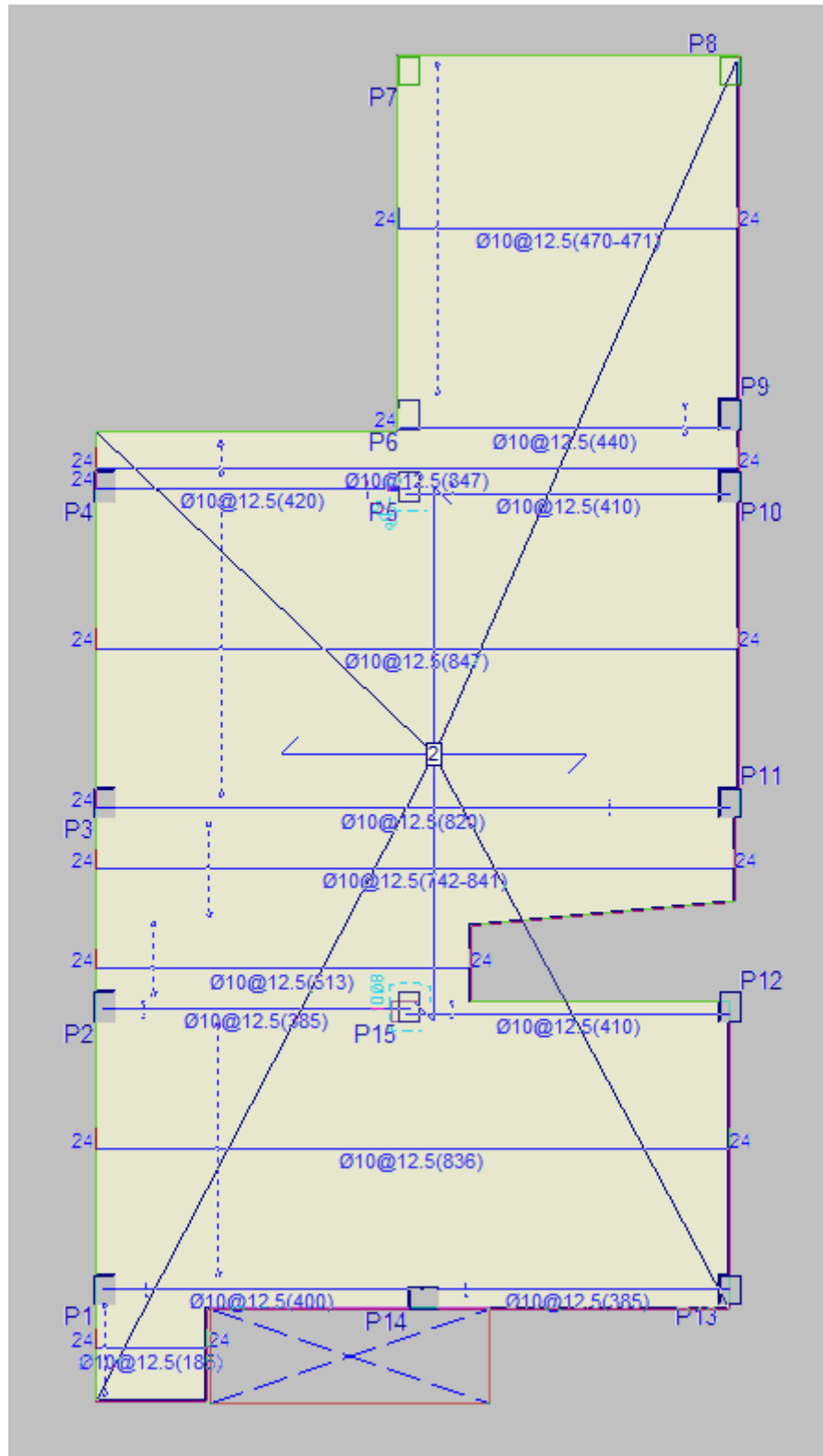


Figura 69: Armadura de la losa de planta alta.

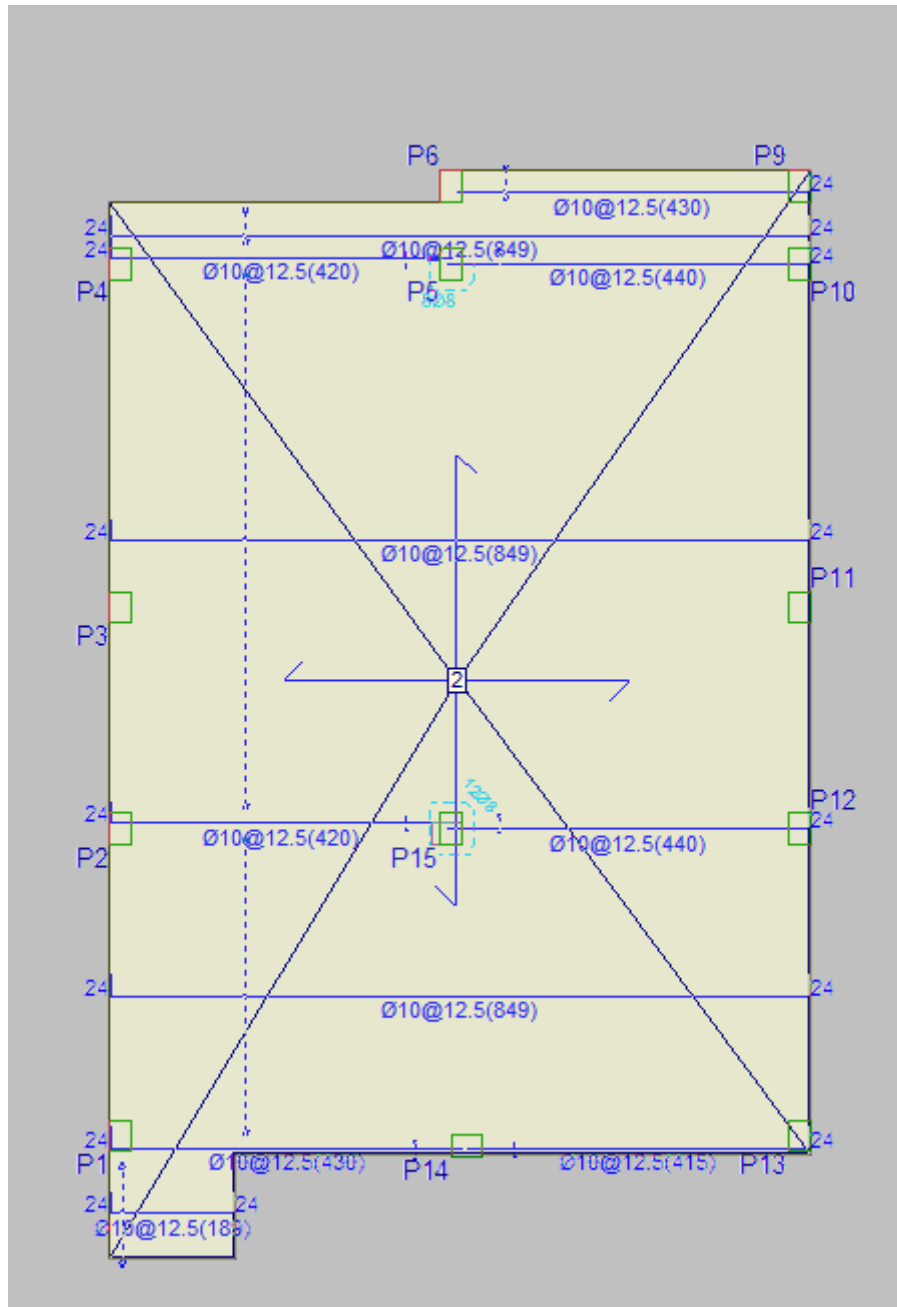


Figura 70: Armadura de la losa de planta cubierta.

Una vez obtenido el resultado a partir de CypeCAD podemos sacar las mediciones de la armadura pasiva necesaria en kilogramos y planos en formato .dwg de cuadro de pilares y de cada planta con la armadura correspondiente.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

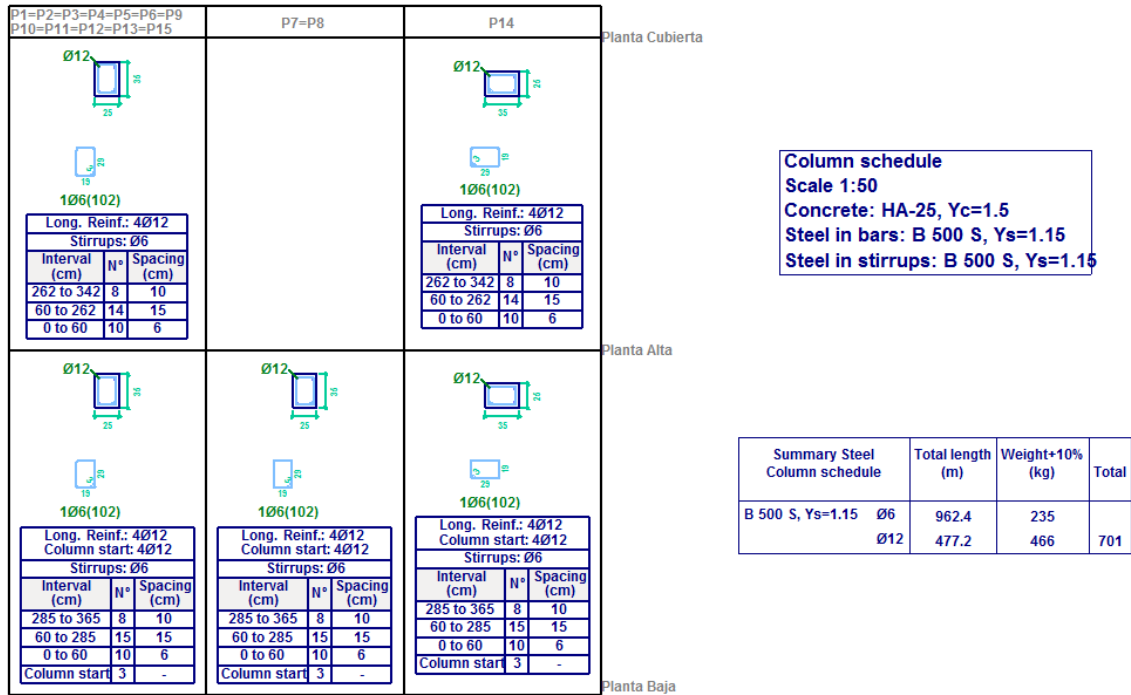


Figura 71: Cuadro de pilares generado por CypeCAD.

#### 8.4 Mediciones.

Para realizar las mediciones las podemos hacer mediante Revit a partir de tablas de planificación y cantidades como anteriormente se ha mencionado, también la podemos hacer mediante una aplicación de Revit llamada Medit, y por último la podemos sacar del CypeCAD.

Para la realización de las mediciones de este proyecto hemos utilizado una combinación entre las tablas de planificación y cantidades para los volúmenes de hormigón a utilizar en cada pilar, cada zapata y cada losa. Por otro lado, hemos utilizado que CypeCAD nos da los kilogramos que se han de utilizar para cada elemento.

Para elaborar las tablas de planificación y cantidades de Revit hemos tenido que escoger primero de todo el elemento a clasificar que en nuestro caso seria los pilares estructurales y las cimentaciones estructurales, seguidamente hemos de escoger en función de que parámetros queremos clasificar estos elementos, en nuestro caso hemos clasificado los pilares y las cimentaciones en función de su familia y tipo y de su volumen.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

<Tabla de planificación de pilares estructurales>	
A	B
Familia y tipo	Volumen
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.32 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.32 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: 250 x 350	0.62 m³

Figura 72: Tabla de cantidades de pilares estructurales con Revit.

<Tabla de planificación de cimentación estructural>	
A	B
Familia y tipo	Volumen
Foundation Slab: Losa de cimentación 300 mm	27.45 m³
Foundation Slab: Losa de cimentación 300 mm	31.60 m³
M_Zapata-Rectangular: 85x85x30	0.22 m³
M_Zapata-Rectangular: 85x85x30	0.22 m³
M_Zapata-Rectangular: 85x85x30	0.22 m³
M_Zapata-Rectangular: 85x85x30	0.22 m³
M_Zapata-Rectangular: 85x85x30	0.22 m³
M_Zapata-Rectangular: 85x85x30	0.22 m³
M_Zapata-Rectangular: 85x85x30	0.22 m³
M_Zapata-Rectangular: 85x85x30	0.22 m³
M_Zapata-Rectangular: 85x85x30	0.22 m³
M_Zapata-Rectangular: 85x85x30	0.22 m³
M_Zapata-Rectangular: 85x85x30	0.22 m³
M_Zapata-Rectangular: 95x95x30	0.27 m³
M_Zapata-Rectangular: 95x95x30	0.27 m³
M_Zapata-Rectangular: 95x95x30	0.27 m³
M_Zapata-Rectangular: 155x155x35	0.84 m³
M_Zapata-Rectangular: 335x170x80	4.56 m³

Figura 73: Tabla de cantidades de losas de cimentación en Revit.

A partir de estas tablas hemos podido sacar los volúmenes correspondientes para poder realizar posteriormente el presupuesto.

Como podemos observar esta parte de Revit se puede ir elaborando mientras se realiza el cálculo estructural.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON  
METODLOGIA BIM.

Una vez realizado el cálculo estructural en CypeCAD podemos sacar de este la cantidad de acero en Kg que posteriormente hemos de introducir en el presupuesto, la ventaja de estas mediciones de CypeCAD es que nos da un archivo en formato .pdf el cual nos da mediciones de cuantía de obra.

**Job total**

Element	Formwork (m <sup>2</sup> )	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Bars (kg)
Flat slabs	-	194.55	58.360	3353
Beams	29.52	0.05	-	-
Columns	108.92	-	7.860	633
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>194.60</b>	<b>66.220</b>	<b>3986</b>
<b>Index (per m<sup>2</sup>)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.336</b>	<b>20.23</b>
<b>Total surface: 197.05 m<sup>2</sup></b>				

Figura 74: Cuantías de obra de CypeCAD.

Takeoff summary (including fabrication loss)

Element	B 500 S, Ys=1.15 (kg)				Concrete (m <sup>3</sup> )		Formwork (m <sup>2</sup> )
	Ø6	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Yc=1.5	Mud slab	
References: P1 and P12	2x0.78	2x9.42		20.40	2x0.22	2x0.07	2x1.02
Reference: P2	0.78	9.45		10.23	0.22	0.07	1.02
Reference: P3	0.78	11.09		11.87	0.27	0.09	1.14
References: P4, P6, P7, P8, P9 and P13	6x0.78	6x9.42		61.20	6x0.22	6x0.07	6x1.02
Reference: P5	0.78	5.59	151.26	157.63	4.56	0.57	8.08
Reference: P10	0.79	9.50		10.29	0.22	0.07	1.02
Reference: P11	0.78	10.01		10.79	0.27	0.09	1.14
Reference: P14	0.78	9.54		10.32	0.27	0.09	1.14
Reference: P15	0.78	3.83	35.20	39.81	0.84	0.24	2.17
Total	11.71	134.37	186.46	332.54	8.38	1.80	23.87

Figura 75: Cuantías de las zapatas.

Una vez realizadas las mediciones podemos pasar a realizar el presupuesto.

## 8.5 Presupuesto.

Para la realización del presupuesto hemos escogido utilizar el software TCQ del instituto de tecnología de la construcción.

Para la realización del presupuesto a partir de un modelo BIM podemos escoger dos vías para introducir las mediciones vía IFC o vía Excel. Pero para la realización de este trabajo al tratarse de un proyecto sencillo y para familiarizarnos más con el software TCQ optamos por introducir las unidades de obra y las mediciones manualmente.

## TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

Para la realización del presupuesto desde cero con TCQ primero de todo es necesario abrir un nuevo proyecto en el cual es necesario asignar un nombre y una carpeta donde se tiene que guardar el proyecto, además se tiene que introducir un código aleatorio (el que queramos) en nuestro caso 00, la moneda a utilizar en el presupuesto y por ultimo una descripción de este.

Una vez abierto el proyecto hemos de ir añadiendo capítulos a la carpeta que aparece con el nombre que le hemos asignado anteriormente, estos capítulos en nuestro caso son: planta baja, alta y cubierta. Además a estos capítulos les añadimos subcapítulos con los elementos necesarios en cada planta.

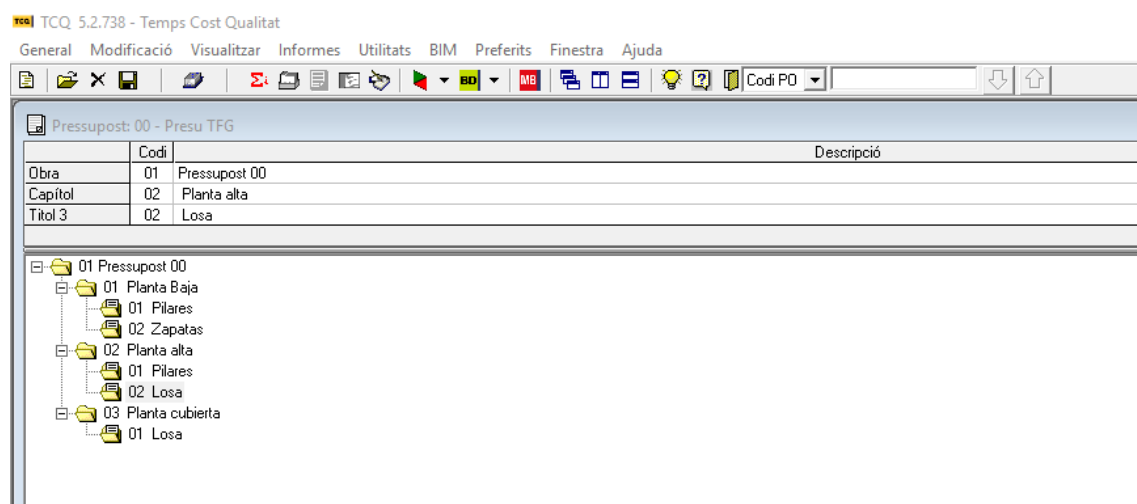
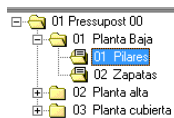


Figura 76: Capítulos generados en TCQ.

Una vez creados todos los capítulos y subcapítulos que nos interesan vamos introduciendo las partidas de obra a cada subcapítulo, estas partidas de obra se buscan a partir del banco de precios donde hemos de escoger el tipo de obra a realizar: edificación, obra civil, cimentación..., una vez escogido el tipo de obra se nos abren más carpetas con los diferentes elementos que consta una obra de ese tipo, y dentro de estos elementos estarían las partidas de obras y el precio unitario de esta, una vez introducida en nuestro capítulo colocaremos la medición que ha sido calculada anteriormente de esta partida de obra y al lado nos dará el precio total.

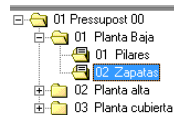


TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.



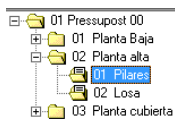
Nº	Inf	Codi	U.A.	Descripció	Preu
1		E45117H3	m3	Formigó p/pilar, HA-25/B/20/I, cubilot	105,99
2		E4813000	kg	Arm.pilars AP500S barres corrug.	1,18
3		E4D1U010	m2	Muntatge+desmunt.encofrat tauler fusta.pilar rect.,form.vist,h<=8m	35,86

Figura 77: Pilares planta baja con unidades de obra.



Nº	Inf	Codi	U.A.	Descripció	Preu
1		E31522H3	m3	Formigó rasa/pou fonament,HA-25/B/20/IIa,cubilot	81,10
2		E3183000	kg	Arm.rases i pous AP500S barres corrug.	1,18
3		E31DEP50	u	Encofrat perdut p/base pilar perf.form 35x35cm.+caixa pref.acer galv.	63,96
4		E222282B	m3	Excav.rasa/pou,h<=4m,roca rc.mi[ja(25-50MPa),retroexcavadora+martell.+terres deix.vora	40,41
5		E2R35065	m3	Transp.terres,instal.gestió residus,camió 12t,carreg.mec.,rec.2-5km	2,30

Figura 78: Zapatas planta baja con unidades de obra.



Nº	Inf	Codi	U.A.	Descripció	Preu
1		E45117H3	m3	Formigó p/pilar, HA-25/B/20/I, cubilot	105,99
2		E4813000	kg	Arm.pilars AP500S barres corrug.	1,18
3		E4D1U010	m2	Muntatge+desmunt.encofrat tauler fusta.pilar rect.,form.vist,h<=8m	35,86

Figura 79: Pilares planta alta con unidades de obra.

**TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON  
METODLOGIA BIM.**

<div> <div>01 Presupuesto 00</div> <div> <div>01 Planta Baja</div> <div>02 Planta alta</div> <div>01 Pilares</div> <div>02 Losa</div> <div>03 Planta cubierta</div> </div> </div>					
Nº	Inf	Codi	U.A.	Descripció	Preu
1		E3C515H3	m3	Formigó p/llosa fonam.HA-25/B/20/11a.cubilot	85,72
2		E3CB3000	kg	Armadura p/llosa fonam. AP500S barres corrug.	1,22
3		E3CD1100	m2	Encofrat plafó met. p/llosa fonam.	22,51

*Figura 80: Losa planta alta con unidades de obra.*

- 01 Pressupost 00
  - 01 Planta Baja
    - 02 Planta alta
      - 03 Planta cubierta
        - 01 Losa

Nº	Inf	Codi	U.A.	Descripció	Preu	Amidament
1		E3C515H3	m3	Formigó p/llosa fonam.HA-25/B/20/11a.cubilot	85,72	27,450
2		E3CB3000	kg	Armadura p/llosa fonam. AP500S barres corrug.	1,22	1.568,000
3		E3CD1100	m2	Encofrat plafó met. p/llosa fonam.	22,51	90,370

*Figura 81: Losa planta cubierta con unidades de obra.*

Una vez introducidas todas las partidas de obra con su correspondiente medición para cada capítulo, yendo a la pestaña de informe podemos generar diferentes informes, en mi caso se han generado informes del presupuesto detallado y del resumen del presupuesto.

## RESUM DE PRESSUPOST

Data: 14/06/18

Pàg.: 1

NIVELL 2: Capítol			Import
Capítol	01.01	Planta Baja	3.376,28
Capítol	01.02	Planta alta	8.066,60
Capítol	01.03	Planta cubierta	6.300,20
Obra	01	Pressupost 00	17.743,08
			17.743,08
NIVELL 1: Obra			Import
Obra	01	Pressupost 00	17.743,08
			17.743,08

Figura 82: Resumen del presupuesto.

En los anejos está incorporado el presupuesto detallado.

### 8.6 Planos.

En este caso práctico se realizarán planos de:

- Zapatas.
- Armadura longitudinal.
- Armadura transversal.
- Cuadro de pilares.

Para la realización de los planos y como se ha comentado anteriormente, en el apartado 6.1.2.1 de realización de la documentación gráfica de un proyecto de estructuras, se realizarán los planos a través del software Revit que nos proporciona una plantilla a la cual hemos de introducirle la vista que ha de reflejar.


Como he comentado, en el apartado de CypeCAD, este nos genera unos archivos de forjados y pilares en formato .dwg, estos archivos .dwg los introduciremos en Revit en una vista diferente cada uno, ya que para la realización de planos mediante Revit es necesario tener una vista para cada plano a realizar.

Primero de todo se ha de insertar los planos en Revit, para la realización de esto hemos de tener un archivo .dwg para cada uno de los dibujos generados por CypeCAD.

Una vez insertados los archivos .dwg en Revit podemos arrastrarlos hasta nuestros planos que iremos generando.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON  
METODLOGIA BIM.

Para la realización del plano en DIN A3 se ha tenido que crear un cuadro de rotulación nuevo en el cual se insertaran los planos. Para la elaboración de este cuadro se tiene que ir a nuevo en el cual he seleccionado cuadro de rotulación en el cual nos pide la medida del papel en el cual se imprimirá el plano, en este caso en DIN A3, a continuación, nos aparece la medida del papel a partir del cual se dibujar el cajetín.

			<b>Escola de Camins</b> <small>UPC BARCELONATECH</small>		
			<b>TFG</b>		
			Proyecto: <b>Vivienda familiar</b>		
			Contenido: <b>Cuadro de Pilares</b>		
Escala: <b>1:50</b>			Fecha: <b>10/06/2018</b>		
Profesor: <b>Miquel Rodríguez Niedenführ</b>			Alumno: <b>Milton Daniel Granoble Arroba</b>		
			<b>01</b>		

*Figura 83: Plantilla DIN A3 generada en Revit.*

Una vez diseñado nuestra plantilla de cuadro de rotulación se procede a ir al navegador de proyectos a la ventana de planos y crear nuevo plano en el cual se insertará esta plantilla y posteriormente arrastrando las vistas al plano las podemos introducir.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

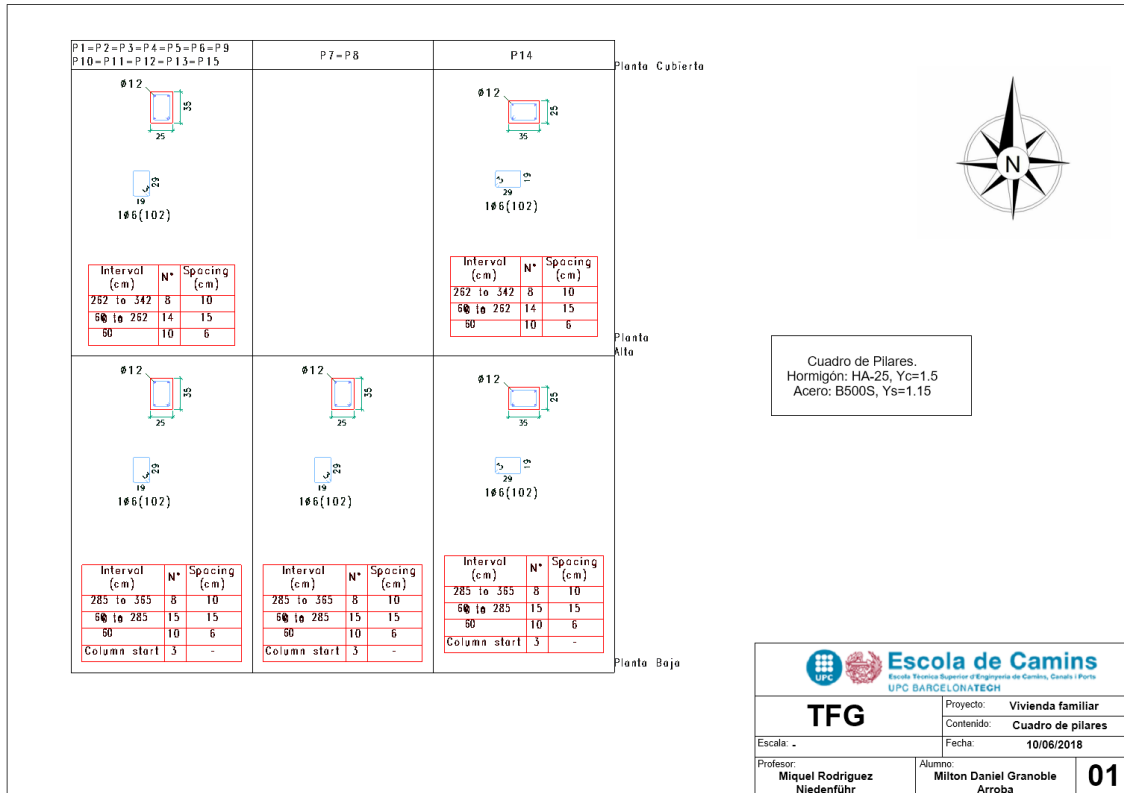


Figura 84: Plano de cuadro de pilares.

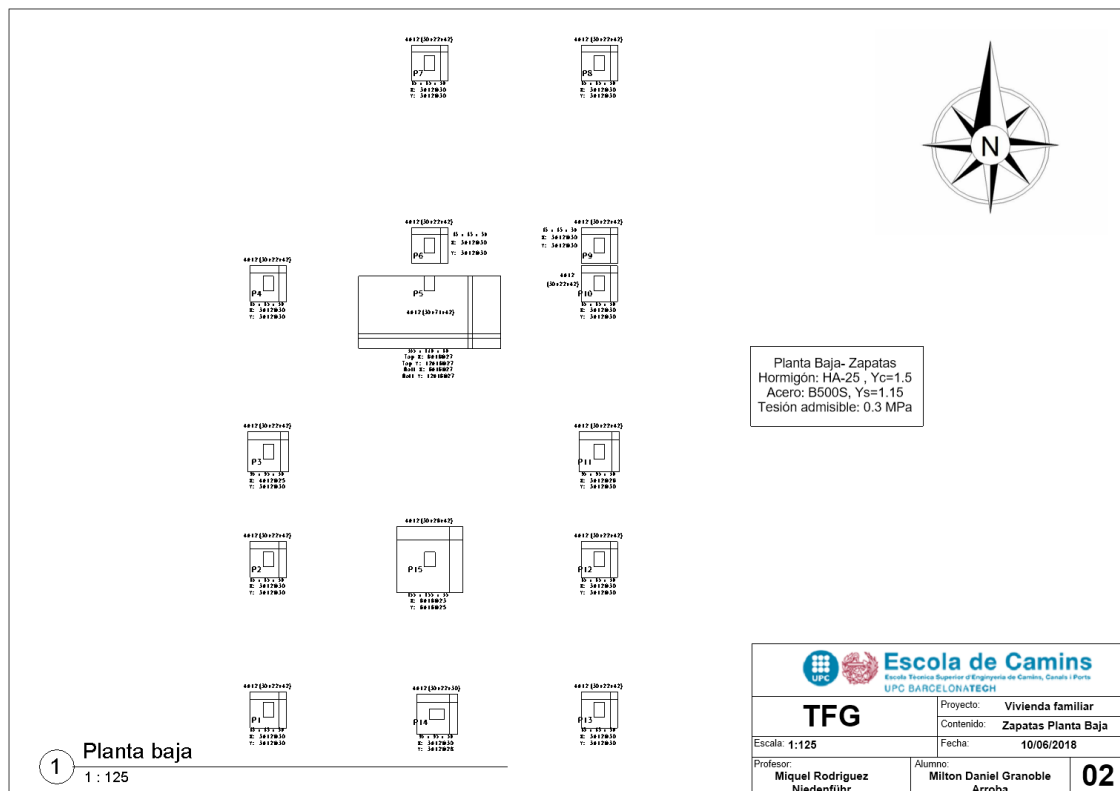


Figura 85: Plano de zapatas de planta baja.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

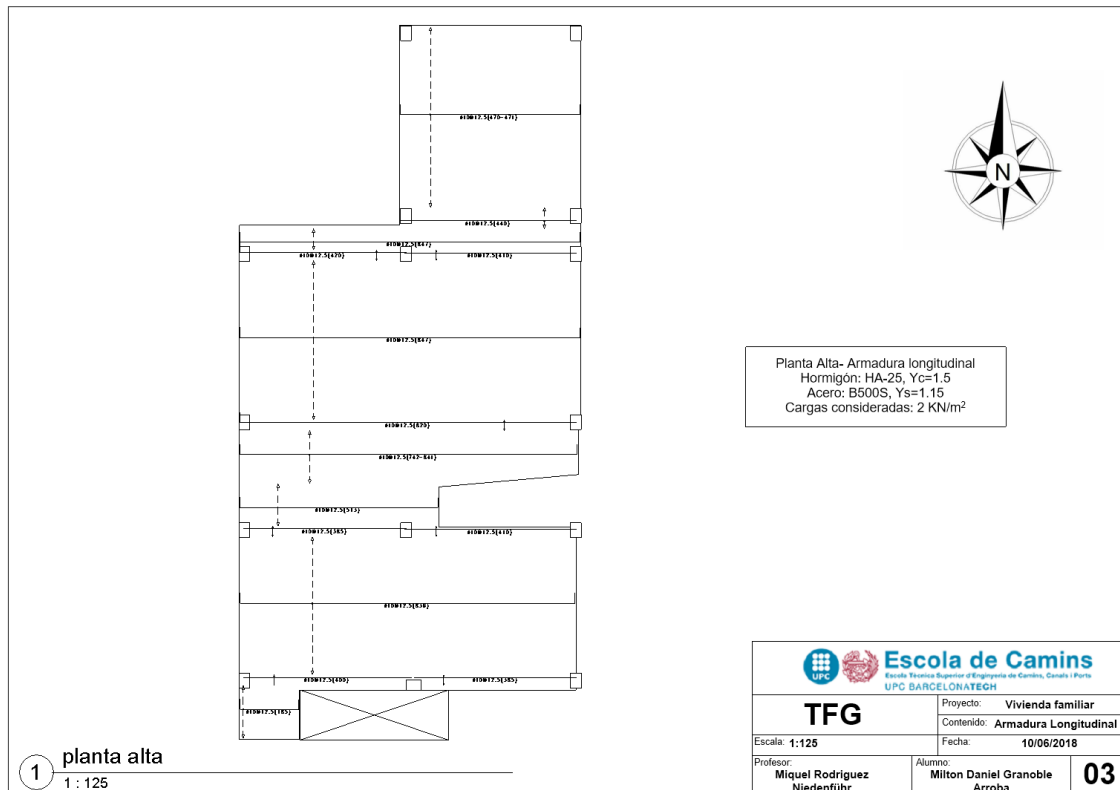


Figura 86: Plano de armadura longitudinal planta alta.

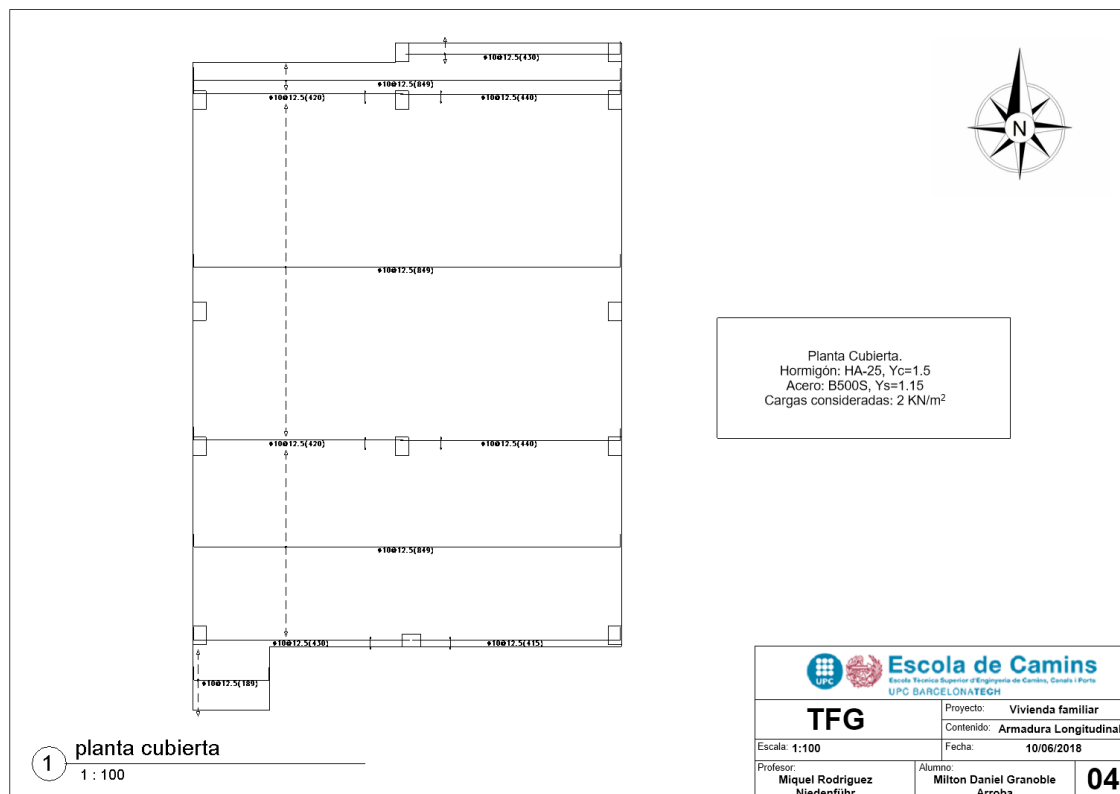


Figura 87: Plano de armadura longitudinal planta cubierta.

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON METODOLOGIA BIM.

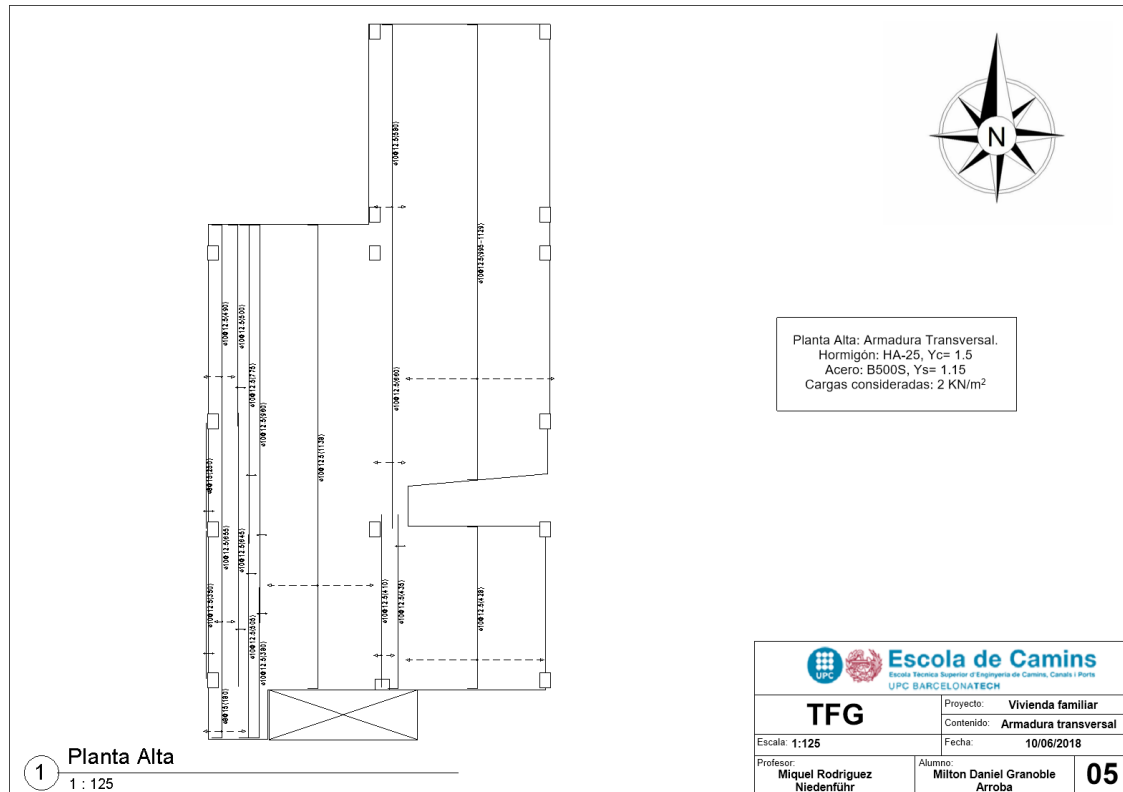


Figura 88: Plano de armadura transversal planta alta

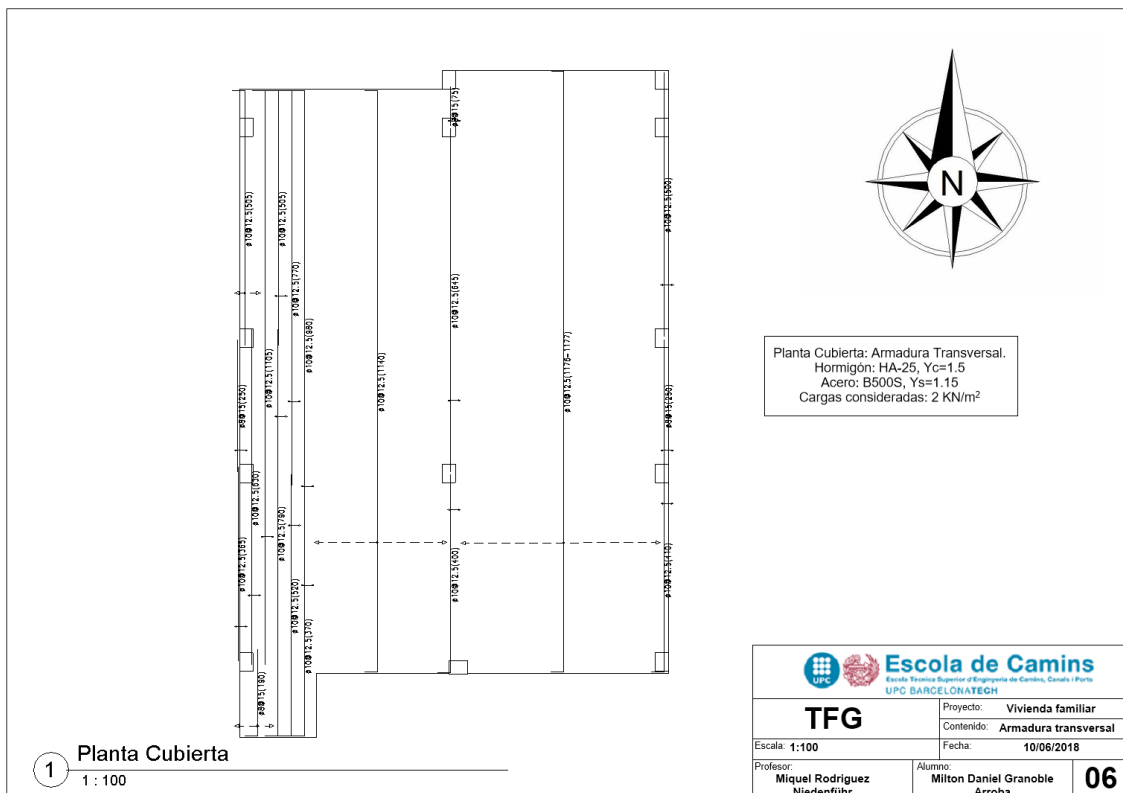


Figura 89: Plano de armadura transversal planta cubierta.

## 9. CONCLUSIONES.

Para concluir el trabajo llegamos a diversas conclusiones las cuales se irán desarrollando a continuación:

Al utilizar la metodología BIM se proporciona una mejor coordinación entre los agentes debido a que toda la información del proyecto está almacenada en el modelo y no en la cabeza de la persona encargada a realizar esta tarea.

Al tener una mayor coordinación nos ayuda a detectar los errores con más antelación que en desarrollo actual y por lo tanto a menor tiempo de detección de problemas menor coste tendré resolver este problema.

Las mediciones las podemos extraer del modelo, por lo tanto las mediciones serán bastante ajustadas lo que implica que el presupuesto será muy ajustado.

Al utilizar esta metodología, y como se ha visto reflejado anteriormente, se pueden ir realizando diferentes tareas a la vez, con lo cual ahorramos tiempo al poder ir realizando estas diferentes tareas en paralelo, ya que si modificamos el modelo inicial hay diferentes tareas, realizadas en con el software del modelo inicial, que se modificaran automáticamente, lo que es una ventaja a no tener que ir cambiando manualmente como sería el caso del desarrollo actual.

Por último, se ha de decir que la metodología BIM todavía le falta desarrollarse más ya que en el caso del CypeCAD al hacer modificaciones en este software no nos modifica el modelo, lo cual sería muy ventajoso si en algún futuro pudiera llegar a desarrollarse una actualización como esta, ya que nos ahorraría mucho tiempo.

En resumen la metodología BIM nos aporta una mejor coordinación entre los diferentes agentes que intervienen en un proyecto, un ahorro de tiempo al realizar modificaciones y una reducción de costes al tener las mediciones más ajustadas, pero también tiene los inconvenientes como la no actualización del modelo al realizar modificaciones en CypeCAD o la necesidad de tener ordenadores potentes para la descarga de los softwares BIM que se utilizaran en el proyecto.



## 10. BIBLIOGRAFIA.

### 10.1 PDF's.

- Coloma Picó, Eloi (2008). Introducción a la tecnología BIM.
- Código técnico de edificación (2008).
- Keller, Veredith. Workflows with Architects and Engineering using Revit.
- Building Smart. Guía de usuarios: Parte general.
- Building Smart. Guía de usuarios: Gestión de un proyecto BIM.
- Asociacions de consultors d'estructures (2016). Quaderns d'estructures 56.
- Agustí Brugarolas, Santiago (2016). Implementación de metodología BIM en el Project management.
- Ferrer Sánchez, Héctor (2014). Desarrollo de un proyecto con metodología BIM.
- Building Smart (2014). Spanish journal of BIM.
- Damià Rosal, Jordi (2017). Impacto de la metodología BIM en el ámbito de la construcción.
- SSRG International Journal of Civil Engineering (2014). Application of BIM in structural engineering.
- Coloma Picó, Eloi (2010). Tecnologia BIM per al disseny arquitectònic.
- Generalitat de Catalunya. Guía BIM.
- Generalitat de Catalunya. Manual BIM.
- Coloma Picó, Eloi. Apuntes seminario BIM UPC School.

### 10.2 Páginas webs.

- Espacio BIM. BIM y las 7 dimensiones. Consultado el 23 de Febrero de 2018. Referenciado en: <https://www.espaciobim.com/bim-3d-4d-5d-6d-7d/>
- BIM Barcelona. Las dimensiones del universo BIM. Consultado el 23 de Febrero de 2018. Referenciado en : <http://www.bimbarcelona.com/bim-es-el-presente-no-el-futuro/>
- Plataforma Arquitectura. Las ventajas más importantes del BIM. Consultado el 25 de Febrero de 2018. Referenciado en :

<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-156508/las-ventajas-mas-importantes-del-bim>

- BIM Valladolid. Entender BIM y sus ventajas. Consultado el 25 de Febrero de 2018. Referenciado en : <https://bimvalladolid.wordpress.com/2014/04/15/entender-bim-y-sus-ventajas/>
- Sinnaps. Fases y etapas de un proyecto. Consultado el 1 de Marzo de 2018. Referenciado en: <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/fases-etapas-de-un-proyecto>  
Desconocido. Etapas de un proyecto. Consultado el 1 de marzo de 2018. Referenciado en: [http://www.spw.cl/proyectos/apuntes2/cap\\_3.htm](http://www.spw.cl/proyectos/apuntes2/cap_3.htm)  
OBS Business School. ¿Cuáles son las etapas de un proyecto? Consultado el 3 de marzo de 2018. Referenciado en : <https://www.obs-edu.com/es/noticias/innovacion/cuales-son-las-etapas-de-un-proyecto-te-lo-contamos-en-esta-infografia>
- Arturo Montilla Arquitectura. Las 6 fases de un proyecto. Consultado el 6 de Marzo de 2018. Referenciado en: <http://arturomontilla.com/es/las-6-fases-de-un-proyecto-de-arquitectura/>
- Espacio BIM. ¿Qué es el LOD? Consultado el 10 de Marzo del 2018. Referenciado en: 1 <https://www.espaciobim.com/que-es-el-lod-nivel-de-detalle/>
- BIM Community. Las 5 fases de un proyecto en BIM. Consultado el 21 de Marzo del 2018. Referenciado en: <https://www.bimcommunity.com/news/load/107/las-5-fases-de-un-proyecto-en-bim>  
John Martínez Blog. Etapas de un proyecto en BIM. Consultado el 21 de Marzo del 2018. Referenciado en: <http://jonhmartinez.blogspot.com.es/2014/11/etapas-de-un-proyecto-en-bim.html>
- Associació de consultors d'estructures. Sobre la implementación del BIM en el desarrollo de proyectos de edificación. Consultado el 27 de Marzo del 2018.

Referenciado en: <http://aceweb.cat/es/noticias/sobre-la-implementacion-del-bim-en-el-desarrollo-de-proyectos-de-estructuras-de-edificacion/>

- EUBIM 2015. Congreso internacional BIM. Consultado el 27 de Marzo del 2018.  
Referenciado en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51323/EUBIM%202015\\_CONG%20...%20ENTRO%20DE%20USUARIOS%20BIM.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51323/EUBIM%202015_CONG%20...%20ENTRO%20DE%20USUARIOS%20BIM.pdf?sequence=1)
- RIB Spain. Generación del presupuesto de un modelo Revit. Consultado el 30 de marzo del 2018. Referenciado en: <https://www.rib-software.es/pdf/Enlace-con-BIM/Generacion-del-presupuesto-de-un-modelo-Revit.pdf>
- CYPE Ingenieros. Presupuesto y medición de modelos Revit. Consultado el 4 de Abril del 2018. Referenciado en: <http://revit.arquimedes.cype.es/>
- BIM Barcelona. Introduccion a las mediciones y presupuestos en BIM. Consultado el 4 de Abril del 2018. Referenciado en: <http://www.bimbarcelona.com/introduccion-de-las-mediciones-y-los-presupuestos-en-bim/>
- CYPE Ingenieros. StruBIM análisis. Consultado el 6 de Abril del 2018. Referenciado en: <http://strubim-analysis-3d.cype.es/>
- Autodesk. Acerca del modelo analítico estructural. Consultado el 8 de Abril del 2018. Referenciado en: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ESP/Revit-Analyze/files/GUID-05CA5628-12C6-456C-B0B9-D922D22B67D0-htm.html>
- Mundo BIM. ¿Qué es un BIM Manager y cuál es su perfil? Consultado el 15 de Abril del 2018. Referenciado en: <https://mundobim.com/2016/07/que-es-un-bim-manager-y-cual-es-su-perfil/>
- BIM Barcelona. Los diferentes agentes en un proyecto BIM. Consultado el 15 de Abril del 2018. Referenciado en: <http://www.bimbarcelona.com/los-diferentes-agentes-proyecto-bim/>
- Autodesk Journal. Porque el BIM conectado importa para el diseño estructural y los detalles. Consultado el 17 de Abril del 2018. Referenciado en: <http://www.autodeskjournal.com/bim-conectado/>

TFG: DETERMINAR EL FLUJO DE TRABAJO DE UN PROYECTO DE ESTRUCTURAS CON  
METODOLOGIA BIM.

- Apogea virtual building solutions. El BCF como formato openBIM para la colaboración. Consultado el 20 de Abril del 2018. Referenciado en: <http://www.apogeavirtualbuilding.com/el-bcf-como-formato-openbim-para-la-colaboracion/>
- BIM Center. What is clash detection? Consultado el 25 de Abril del 2018. Referenciado en: <http://www.thebimcenter.com/2016/03/what-is-clash-detection-how-does-bim-help.html>
- BIM Barcelona. Control de proyectos con Navisworks. Consultado el 28 de Abril del 2018. Referenciado en: <http://www.bimbarcelona.com/control-del-proyecto-con-navisworks/>
- Biblus. IFC ¿qué es, a que sirve y cuál es su relación con el BIM? consultado el 2 de Mayo del 2018. Referenciado en: <http://biblus.accasoftware.com/es/ifc-que-es-y-relacion-con-el-bim/>
- Autodesk. Introducción a la herramienta Clash Detective. Consultado el 2 de Mayo del 2018. Referenciado en: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ESP/Navisworks-Manage/files/GUID-36D9904E-12F3-4F82-8DD3-C2103DB0BC29-htm.html>
- CYPE Ingenieros. CypeCAD. Consultado 30 de Mayo del 2018. Referenciado en: <http://cypecad.cype.es/>